

Wille, Richard,

Plastomenit

Berlin 1898

App.mil. 168 qq

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11859671-3



Typ. mil. 168 72

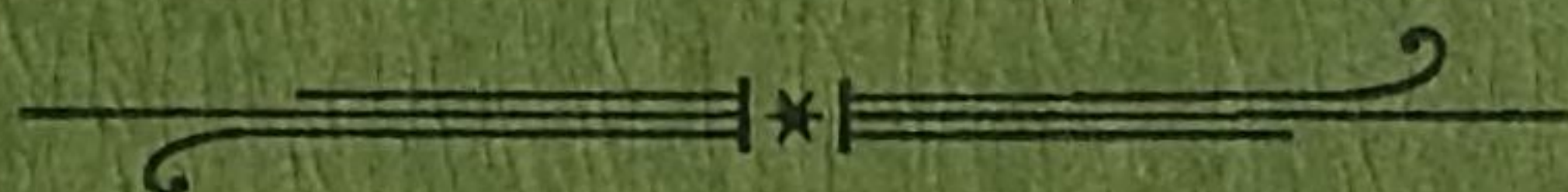
Wille

Plastomenit

von

❁ ❁ ❁ ❁ R. WILLE ❁

Mit neun Tafeln und einem Kurvenblatt im Text

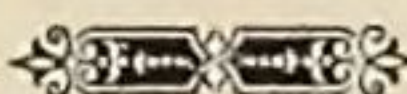


BERLIN 1898

VERLAG VON R. EISENSCHMIDT



Plastomenit.



Von

R. Wille,

Generalmajor z. D.

Mit neun Tafeln und einem Kurvenblatt im Text.



Berlin 1898.

Verlag von R. Eisenschmidt

Im Armee- und Marinehaus.



Alle Rechte vorbehalten.

Vorwort.

Das Schwarzpulver hat länger als ein halbes Jahrtausend das Monopol als alleiniges und ausschließliches Schießmittel für alle zur Verwendung auf dem Schlachtfeld bestimmten Feuerwaffen behauptet. Trotzdem ist es erst in neuester Zeit derart verbessert worden, daß ein einigermaßen befriedigendes Verhältnis der Kraft, die theoretisch in ihm verkörpert war, zu der Arbeit, welche es praktisch im Gewehr und Geschütz leistete, erzielt werden konnte. Leider fiel seine wesentliche Vervollkommnung so ziemlich mit dem Zeitpunkt zusammen, in welchem es durch das rauchschwache Pulver vollständig und für immer verdrängt wurde.

Letzteres ist erst wenig über ein Jahrzehnt alt; es steckt daher noch in den Kinderschuhen und ist naturgemäß auch mancherlei Kinderkrankheiten unterworfen. Dank den außerordentlichen Fortschritten der heutigen Chemie und dem rastlosen, aufs äußerste angespannten Wettbewerb zahlreicher Erfinder und Fabrikanten ist es ungeachtet seiner Jugend bereits in einer Legion von Arten und Mustern vertreten.

Aber selbst von den — verhältnismäßig — wenigen Sorten, welche nach sorgsamer Aussiebung einer unendlichen Menge Spreu in den Heeren zur Einführung gelangt sind, wird niemand behaupten wollen, daß sie in jeder Hinsicht den Anforderungen entsprächen, welche man gegenwärtig an ein möglichst vollkommenes Schießmittel — gar nicht zu reden von dem theoretischen Ideal — zu stellen berechtigt und genötigt ist — genötigt, wenn man nicht mit den überwältigenden Vorzügen des rauchschwachen Pulvers zugleich empfindliche Mängel und Nachteile (s. in Abschnitt V, 1) in den Kauf nehmen will, wie sie dem verflossenen Schwarzpulver teils gar nicht, teils nicht in gleichem Maße anhafteten.

Manche der zuerst für gut befundenen und angenommenen Pulver sind, nachdem sie kaum die Daseinsdauer einer Eintagsfliege erreicht hatten, schon wieder eingesargt und verschwunden, und es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, dass auch die meisten andern — wahrscheinlich alle — binnen kurzem entweder durch bessere ersetzt oder doch — was schließlich auf dasselbe hinausläuft — einer durchgreifenden Umgestaltung unterworfen werden müssen.

Ein Schießmittel, welches in bezug auf seine ballistische Gesamtleistung den anerkannt besten rauchschwachen Pulvern mindestens ebenbürtig ist und das mit diesem entscheidenden Vorzug gleichzeitig die „gefühllose Unempfindlichkeit“ des alten Schwarzpulvers gegen allerhand zersetzende Einflüsse vereinigt — ein solches Schießmittel, wie es meines Erachtens in dem als „Plastomenit“ bezeichneten Toluolpulver gegeben ist, verdient ohne Zweifel besondere Beachtung. Die wesentliche Bedeutung derartiger Pulver hat unter andern auch durch S. J. v. Romocki in seiner „Geschichte der Explosivstoffe“ (Teil II; Berlin 1896; S. 313 und 314) die gebührende Würdigung erfahren.

Die Ausbildung des Plastomenits in dem Sinne, daß es dem heutigen „Ideal“ eines Kriegspulvers möglichst nahekommt, ist noch keineswegs in allen Beziehungen abgeschlossen und vollendet; aber sämtliche Vorbedingungen hierfür und die sicheren Grundlagen, auf denen man weiter bauen kann, um seine endgültige Ausgestaltung zu dem erwünschten Ziel zu führen, sind unstreitig vorhanden. Seine fernere Entwicklung kann, sofern falsche Bahnen und trügerische Irrwege vorsichtig vermieden werden, nur noch eine Frage der Zeit sein, und zwar voraussichtlich einer kurzen Zeit, wenn die Arbeit mit dem Eifer, dem Verständnis und der Beharrlichkeit durchgeführt wird, welche sie verdient und deren sich die Fabrikation augenscheinlich befleißigt.

Berlin, den 20. Oktober 1897.

Der Verfasser.

Inhalt.

	Seite
I. Ursprung	1
II. Fertigung	5
1. Zubereitung der Rohstoffe	5
A. Cellulose	5
a. Rösten	5
b. Kleinen	6
c. Nitrieren	7
d. Waschen	7
e. Aufbewahrung	7
B. Nitrotoluol und Bariumnitrat	8
2. Mengen	8
3. Trocknen	8
4. Schmelzen und Pressen	9
5. Körnen	9
6. Sonstige Bearbeitung	9
Manöverpulver	10
III. Eigenschaften	10
1. Zusammensetzung und Zersetzung	10
A. Mengungsverhältnis der Bestandteile	10
B. Chemische Zusammensetzung	13
a. Bestimmung der prozentischen Zusammensetzung	13
α . Feuchtigkeit	13
β . Bariumnitrat	14
γ . Nitrierte Kohlenwasserstoffe	14
δ . Unlöslicher Rückstand	14
ϵ . Gesamtergebnis	14
b. Untersuchung der Bestandteile	15
α . Nitrocellulose	15
β . Nitriertes Toluol	15

	Seite
C. Zersetzung	15
a. Zersetzungsrückstand	15
b. Gasförmige Zersetzungsprodukte	16
c. Prozentische Zusammensetzung der Zersetzungs- produkte und chemische Zersetzungsgleichung . .	17
2. Körnergröße	18
3. Dichte	19
4. Raumgewicht	21
5. Kornfestigkeit	23
Manöverpulver	24
6. Feuchtigkeitsanziehung	24
Manöverpulver	25
7. Empfindlichkeit gegen Stoß und Schlag	26
8. Chemische Beständigkeit	28
9. Entzündlichkeit in der Waffe	31
10. Erhitzung der Waffe	31
11. Verbrennung in freier Luft	33
12. Rauch und Rückstand	33
Manöverpulver	38
IV. Leistungen. \ Geschwindigkeits- und Gasdruckmessungen	39
A. Ältere Versuche	40
B. Neuere Versuche	42
a. 5,5 mm Gewehr	42
b. 7,63 mm Selbstlade-Pistole, System Mauser	47
c. Chilenisches 7 mm Gewehr m/95	50
Versuche mit Patronenhülsen von verschiedener Härte	50
Bemerkungen	53
Vorprüfung einer Patronenlieferung für die chile- nische Heeresverwaltung	55
Bemerkungen	56
d. Rumänisches 6,5 mm Gewehr m/93	57
Versuche betr. den Einfluß 1. der Patronenwärme .	57
Bemerkungen	61
2. der Pulverfeuchtigkeit	62
Bemerkungen	64
e. 6 mm Gewehr	66
f. Deutsche Feldkanone c/73/91	67
Manöverschüsse	69

	Seite
V. Kritische Betrachtungen	71
1. Schießwoll- und Nitroglycerinpulver	71
a. Schießwollpulver	71
b. Nitroglycerinpulver	73
2. Gasdruck und Arbeit	81
3. Mängel des Plastomenits	86
4. Vorzüge des Plastomenits	89
Schlußwort	92
Anlage 1. Das Güttlersche Verkohlungsverfahren für Cellulose . . .	95
I. Deutsches Reichs-Patent No. 42470	95
II. " " " " 44078	99
III. " " " " 81584	101
Anlage 2. Die chemische Beständigkeit der Nitro-Explosivstoffe und ihre Prüfung	103
I. Ursachen der Zersetzung	103
II. Die Jodprobe und ihre Mängel	108
III. Die Diphenylaminprobe und ihre Vorzüge	115
IV. Diagramme und Formeln zur Diphenylaminprobe . . .	124

Bilder.

Tafel	I.	Trockenschränke, geschlossen		hinter S.	8
"	II.	"	, geöffnet		" " 8
"	III.	Schmelz- und Preßwerke		" "	10
"	IV.	{ Gepreßte Plastomenit-Platte		{	" " 10
		{ Desgl. mit Schußloch			
"	V.	Plastomenit für 6- und 8 mm Gewehre, Pistolen, Feldkanonen und Manöverschüsse		" "	18
"	VI.	{ Verkohlungsöfen {		" "	98
"	VII.			" "	100
"	VIII.			" "	102
"	IX.			" "	102
Kurvenblatt: Diagramme zur Diphenylaminprobe					auf " 125



I. Ursprung.

Dem Chemiker Joseph Lauff (gegenwärtig Direktor der W. Güttlerschen Plastomenit-Fabrik Jessen) fiel im Jahre 1886 die Aufgabe zu, in einem Sprengstoff das für die Arbeiter höchst unbequeme und auch gesundheitschädliche Nitrobenzol durch einen andern geeigneten Körper zu ersetzen. Er wählte hierzu Nitrotoluol und machte bei seinen weiteren Versuchen die Entdeckung, daß dieser Stoff (ebenso wie die Nitrate andrer Kohlenwasserstoffe) in geschmolzenem Zustand eine gewisse Menge Nitrocellulose vollständig aufzulösen vermöge.

Dieser Umstand im Verein mit den zugehörigen Hilfszweigen der Fabrikation (s. u. II) bildete den Ausgangspunkt für die vielseitige Ausgestaltung der Plastomenit-Konstruktionen,*) auf die dem Pulverfabrikanten Kommerzienrat Hermann Güttler**) zu Reichenstein in Preußisch-Schlesien im Jahre 1889 Patente erteilt wurden.***)

Die charakteristischen Eigentümlichkeiten des Plastomenits, sowie seiner Darstellung und Verwendung ergeben sich in ihren hauptsächlichsten Grundzügen aus der betr. Patentschrift, deren wesentlicher Inhalt hier im Auszuge folgt:

Verfahren zur Herstellung einer formbaren Schmelzmasse aus festen Nitrokohlehydraten und festen Nitrokohlenwasserstoffen.

Bringt man Nitrokohlenwasserstoffe von fester Beschaffenheit, z. B. Di-, Trinitrobenzol, Di-, Trinitrotoluol, Di-, Trinitrophenol,

*) Die Bezeichnung Plastomenit ist von den griechischen Wörtern $\pi λ ο σ σ ε ι ν$ = formen und $\mu έ ν ο ς$ = Kraft hergeleitet und soll entweder „gestaltbare Kraft“ oder „formbare Masse“ bedeuten, je nachdem das Plastomenit als Schieß-, bzw. Sprengmittel, oder zur Herstellung celluloidartiger Körper Verwendung findet.

**) Seine bekannte Fabrik für Schwarzpulver (Firma W. Güttler) wird laut Urkunde seit 1695 betrieben.

***) D. R.-P. Nr. 56 946 vom 17. Dezember 1889, ausgegeben am 1. Mai 1891.

Mono-, Di-, Trinitronaphthalin und verwandte Verbindungen durch Zuführung von Wärme zum Schmelzen und setzt ihnen in diesem Zustand feste Nitrokohlehydrate, z. B. Nitroverbindungen der Cellulose-, Zucker-, Stärke-, Gummiarten zu, so werden sie vollständig gelöst. Gießt man die entstandene Lösung oder Schmelze in Formen, so erstarrt sie und verdichtet sich zu einer harten, knochenähnlichen Masse, welche gegen Feuchtigkeit und Witterungseinflüsse unempfindlich ist. Diese Masse, „Plastomenit“ genannt, läßt sich nicht nur umschmelzen, gießen, schneiden, abdrehen, bohren, glätten, walzen, pressen und dadurch zu massiven oder hohlen Kunstgegenständen verarbeiten, sondern kann auch als schützender Überzug (Lack, Glasur) angewendet oder auf Gegenstände aufgetragen werden. Ferner kann man der Schmelzmasse Farbstoffe, wie Zinkweiß, Kreide, Ultramarin, Zinnober, Fuchsin, Pikrinsäure, Chromgrün u. a. m. zusetzen und dadurch Nachbildungen von Lapis lazuli, Malachit, Alabaster, Elfenbein, Korallen u. dergl. herstellen, sowie andererseits auch Stoffe und Gewebe aller Art wasserdicht imprägnieren.

Durch geeignete Zusätze von Sauerstoffträgern, z. B. salpetersauren, chlorsauren, übermangansauren, chromsauren, pikrinsauren, nitrobenzoësauren, nitroweinsauren Salzen zu dem rohen Plastomenit lassen sich aus dieser an und für sich unexplosiblen Masse Explosivstoffe zusammensetzen, die sich vorzugsweise als Schießmittel eignen; einige dieser Stoffe sind rauchschwach oder gänzlich rauchfrei und können auch zur Erzielung von scharfen, farbigen Lichtwirkungen (z. B. in zerspringenden Hohlgeschossen) dienen.

Beispiele:

1. Zur Herstellung von Alabaster-Elfenbeinmasse wird 1 Teil Nitrocellulose von der Nitrierungsstufe der Kollodiumwolle in 4 bis 5 Teilen schmelzendem Dinitrotoluol im Wasserbade gelöst und der Schmelze so lange Zinkweiß, Kreide oder eine andre geeignete Farbe zugesetzt, wie sie noch fließt, und darauf das Gemisch in Formen gegossen. Nach dem Erstarren erhält man eine Masse, welche hinsichtlich der Schönheit und Farbenreinheit dem natürlichen Elfenbein und Alabaster nicht nachsteht.

2. Zur Bereitung von Lacken und Glasuren schmilzt man 1 Teil Kollodiumwolle mit 6 bis 7 Teilen Dinitrotoluol behufs

Erzielung einer leichtflüssigen Masse, welche auf den Gegenstand gegossen und mit warmen Walzen aufpoliert wird. *)

3. Zur Darstellung von Explosivstoffen nach Art des sogenannten Melinits schmilzt man 1 Teil Kollodiumwolle mit 5 Teilen Dinitrotoluol und setzt der Schmelze Pikrinsäure oder pikrinsaure Salze zu. Für scharfe Leuchtwirkungen (z. B. in zerspringenden Hohlgeschossen) empfiehlt sich ein Zusatz von 70 % salpetersaurem Strontian, welcher rotes Licht giebt, oder andern Salzen der alkalischen Erden.

Patent-Anspruch:

Ein Verfahren zur Herstellung einer durch Gießen formbaren Schmelzmasse, sofern diese durch Vereinigung von Nitrokohlehydraten (wie Nitroverbindungen der Cellulose-, Zucker-, Stärke-, Gummiarten), die bei gewöhnlicher Wärme fest sind, mit eben solchen Nitrokohlenwasserstoffen (wie Di-, Trinitrobenzol, Di-, Trinitrotoluol, Di-, Trinitrophenol, Mono-, Di-, Trinitronaphthalin und verwandten Verbindungen) durch Schmelzung, nicht durch ein kaltflüssiges Lösungsmittel (z. B. Äther) gewonnen wird.

Der in der Patentbeschreibung enthaltene Satz:

„Durch geeignete Zusätze von Sauerstoffträgern, z. B. salpetersauren, chlorsauren, übermangansauren, chromsauren, pikrinsauren, nitrobenzoësauren, nitroweinsauren Salzen zu dem rohen Plastomenit lassen sich aus dieser an und für sich unexplosiblen Masse Explosivstoffe zusammensetzen,“ — bedarf, wie spätere Versuche und Erfahrungen bewiesen haben, der Einschränkung und Erläuterung. Ein Gemisch aus Nitrocellulose und Nitrotoluol ist keineswegs unter allen Umständen unexplosiv, sondern allenfalls nur dann, wenn darin das träge Nitrotoluol, welches sich allein selbst durch einen starken Detonator nicht zur Explosion bringen

*) Nachträglich hat sich herausgestellt, dass die so zubereiteten Lacke keinen dauernd haftenden und gleichmäßigen Überzug liefern; letzterer wird vielmehr allmählich spröde, so daß er mehr oder weniger abblättert. Um diesen Übelstand zu beseitigen, dient ein durch D. R.-P. Nr. 94292 vom 9. März 1897 geschütztes Verfahren, welches darin besteht, daß man entweder einem der beiden Bestandteile (Nitrocellulose und Nitrokohlenwasserstoff) vor ihrer Vereinigung, oder der geschmolzenen flüssigen Masse 0,5 bis 10 % Harz, z. B. Kolophonium in äußerst fein zerteilter Form zusetzt, die auf chemischem Wege erzielt wird.

läßt, in einer relativ (im Verhältnis zur Nitrocellulose) überwiegend großen Gewichtsmenge vertreten ist und wenn während des Schmelzens eine vollkommene Lösung (Amorphisierung) der Bestandteile stattgefunden hatte (vgl. a. u. II, 4, S. 9).

Bei dem als Schießmittel für scharfe Schüsse verwendeten Plastomenit beträgt der Gehalt an Nitrocellulose in der Regel 70—75, mindestens 60 %. Ein Gemisch aus beispielshalber 70 % Nitrocellulose und 30 % Nitrotoluol kann aber, wie durch Schießversuche zweifellos festgestellt worden ist, in der Waffe nicht nur durch die gewöhnlichen Zündungsmittel ohne weiteres zur Explosion gebracht werden, sondern ergibt auch eine sehr kräftige ballistische Leistung, welche die eines Gemenges von z. B. 70 % Nitrocellulose, 15 % Nitrotoluol und 15 % Barytsalpeter merklich übertrifft.

Der Zusatz des äußerst trägen Barytsalpeters (Bariumnitrat) hat daher vorwiegend den Zweck, den Gasdruck in der Waffe zu verringern, die Dichte und dem entsprechend das Raumgewicht des Pulvers zu erhöhen und den Preis des Fabrikats herabzusetzen. Diesen Vorteilen steht indes der wesentliche Nachteil gegenüber, daß der Gehalt an Bariumnitrat den Verbrennungs-Rückstand vermehrt und namentlich auch die Raucherscheinung beim Schuß wesentlich vergrößert bzw. verdichtet. Aus diesem Grunde hat man in neuerer Zeit den Prozentsatz des Bariumnitrats in den Plastomenit-Pulvern erheblich vermindert.

Hinsichtlich der praktischen Bedeutung und Wirksamkeit der der Firma W. Güttler auf Plastomenit erteilten Patente ist zu erwähnen, daß die Dynamit-Gesellschaft Nobel (Wien), welche unmittelbar nach Patentierung des Plastomenits ähnliche Verfahren zur Herstellung rauchschwacher Pulver zur Patentierung für das Deutsche Reich anmeldete, mit diesem Gesuch keinen Erfolg zu erzielen vermochte. Nach den eingehendsten Verhandlungen und Ermittlungen erkannte das Kaiserliche Patentamt in seiner Sitzung vom 25. November 1892, „daß der Aktiengesellschaft Dynamit-Nobel weder auf die Herstellung rauchlosen Pulvers aus mehlfeiner Nitrocellulose und den Di- und Trinitroderivaten aromatischer Kohlenwasserstoffe, noch auf die Herstellung aus Nitrostärke oder Nitrodextrin und den Di- und Trinitroderivaten des Benzols, Toluols und Xylols ein Patent zu erteilen sei.“

* *) II. Fertigung.

Die Plastomenit-Fabrik Jessen befindet sich auf dem, dem Kommerzienrat Hermann Güttler gehörigen Rittergut gleichen Namens im Regierungsbezirk Frankfurt/Oder, Kreis Sorau, 6 km südlich der Stadt Sommerfeld (Station der Eisenbahn Berlin—Breslau) und 1 km nördlich des Dorfes Jessen; sie liegt in einem abgeholzten Teil des über 100 ha umfassenden, hauptsächlich mit Kiefern, Erlen und Birken bestandenen Waldgeländes. Der Boden ist teils sandig, teils sumpfig. Die Höhe über Normalnull beträgt 81 m.

Zur Fabrik gehören fünfzehn, in den vorgeschriebenen Abständen voneinander angelegte, größtenteils umwallte Gebäude, sowie ein Schießplatz für Gewehr und Geschütz und ein Laboratorium.

Der Bau wurde im Jahre 1890 begonnen und der Betrieb (während dessen nunmehr sechsjähriger Dauer niemals Explosionen irgend welcher Art vorgekommen sind) in 1891 aufgenommen.

I. Zubereitung der Rohstoffe.

A. Cellulose.

Der zur Fertigung des Plastomenits verwendete, nach dem Sulfit-Verfahren dargestellte und gebleichte reine Pflanzenzellstoff wird vorzugsweise aus schlesischen Cellulose-Fabriken (Korn und Bock, Breslau u. a. m.) in Gestalt von Papptafeln bezogen, welche knapp 1 mm stark sind und die man in Streifen von rund 500 mm Länge und 20 mm Breite schneidet.

a. Rösten.

Diese Streifen werden in die senkrechte Trommel des, der Firma W. Güttler patentierten Verkohlungssofens mit Gegenstrom**) in der Weise eingebracht, daß die in die Trommel von

*) Alle Ermittlungen und Versuche, denen ich persönlich beigewohnt habe und für deren Ergebnisse ich daher eintreten kann, sind am Rande bezw. links von der Überschrift mit * bezeichnet. Die sonstigen Angaben beruhen teils auf amtlichen Kundgebungen von Reichs- und Staatsbehörden, teils auf Mitteilungen der Firma W. Güttler.

) D. R.-P. Nr. 42 470, 44 078 und 81 584; Auszüge dieser Patentschriften nebst schematischen Abbildungen und einer Darstellung des im Betriebe befindlichen Verkohlungssofens sind in **Anlage 1 bezw. auf den Tafeln VI bis IX wiedergegeben.

oben hineingeleiteten heißen Gase überall unbehindert zwischen ihnen hindurchströmen und sie von allen Seiten bespülen können. Zu diesem Behuf werden die Cellulose-Streifen entweder lose gerollt oder locker in der Trommel aufgeschichtet. Die Heizgase, welche chemisch völlig indifferent gegen den zu röstenden Stoff sein müssen (wie Kohlensäure, Kohlenoxyd, Stickstoff u. a. m.), liefert ein Koksgenerator; das Gebläse, welches letzterem die Verbrennungsluft zuführt, preßt die Gase in den Röstofen hinein und hält sie dort in steter Bewegung, um sie schließlich, nach Abgabe ihrer Wärme an die Cellulose, samt den Abgasen in einen etwa 30 m hohen Schornstein zu treiben.

Die Arbeitsgase, welche mit einer Wärme von rund 350° C. in den Ofen eintreten, sollten der Theorie nach dort so lange Hitze abgeben, bis Gleichgewicht eintritt, so daß sie mit demselben Wärmegrad, den sie beim Eintritt besaßen, auch wieder abströmten. In der Praxis jedoch hat es sich, mit Rücksicht auf die Wärmestrahlung innerhalb des eisernen Ofens, als vorteilhaft erwiesen, das Röstverfahren zu unterbrechen, sobald die Abgase gegen 250° C. zeigen.

Erfahrungsmäßig genügen anderthalb Stunden zum Trocknen und Rösten von je 20 kg Cellulose, die dabei rund 25 % ihres ursprünglichen Gewichts an mechanisch und chemisch gebundenem Wasser verliert. Sie nimmt zugleich eine hellbraune Färbung an und wird so brüchig, daß sie sich, zum Zweck des späteren Nitrierens, reißen und mahlen läßt (s. unter b und c).

Da das fertige Röstgut zur Abkühlung noch 1 bis 2 Stunden in den indifferenten Gasen verbleibt, so wird es in seinen Poren dermaßen gesättigt, daß es für die plötzliche Aufnahme von atmosphärischer Luft bzw. Sauerstoff ungemein wenig empfänglich und eine Selbstentzündung daher ausgeschlossen ist.

b. Kleinen.

Das völlig abgekühlte Röstgut wird zunächst auf Excelsiormühlen grob vorgerissen und dann in ebensolchen oder in Kugelmühlen zu kleinen Flocken von 0,3 bis 0,8 mm Größe zermahlen. In diesem Zustande ist es zum Nitrieren fertig.

Die Kosten der unter a. und b. erwähnten Vorbereitungsarbeiten, welche beide nicht in Jessen, sondern in den bei Reichenstein gelegenen Anstalten ausgeführt werden, belaufen sich im Großbetriebe etwa auf das Doppelte des Preises der Cellulose.

c. Nitrieren.

Das Nitrieren dieser Flocken-Cellulose geschieht mittels einer zu Jessen in besonderen Mischgeräten zusammengestellten hochgradigen Mischsäure; die Ausgangssäuren — Salpeter- und Schwefelsäure — werden hauptsächlich von der chemischen Fabrik Griesheim, Filiale Spandau, bezogen. Man benutzt walzenförmige Nitrierbottiche von Aluminium; die jedesmalige Beschickung eines Bottichs beträgt 60 kg Mischsäure und 10 kg Cellulose. Das Einbringen der letzteren in die Säure wird mittels Trichters in einem dünnen Strahl bewirkt und dauert für je 10 kg eine Stunde. Nach beendetem Einbringen verbleibt das Nitriergut, welches durch ein maschinelles Rührwerk fortwährend in Bewegung gehalten wird, noch eine Stunde im Bottich.

d. Waschen.

Das Nitrat wird in fließendem Wasser zuerst kalt, dann warm gewaschen.

Zur kalten Wäsche dienen zwei Sätze Holztröge, die nacheinander in Gebrauch genommen werden. In dem ersten Satz läßt man das Nitrat unter zweimaligem Wasserwechsel sich zu Boden setzen, während es im zweiten Satz unter sechsmaligem Wasserwechsel vier Stunden lang mit Holzkrücken kräftig durchgerührt wird.

Die warme Wäsche findet in Holzbottichen statt, die durch eine am Boden angebrachte, siebartig gelochte Dampfschlange erwärmt werden; das Umrühren geschieht teils maschinell, teils durch den aus der Schlange ausströmenden Dampf. Die warme Wäsche dauert, unter sechs- bis achtmaligem Wasserwechsel, zehn Stunden.

Schließlich behandelt man die Beschickung von je drei Nitriergefäßen (zusammen gegen 45 kg) in einer festen Trommel noch zehn Stunden mit kaltem Wasser und Rührwerk.

Das Nitrierverfahren liefert etwa 150 % Ausbeute, d. h. je 10 kg Cellulose geben rund 15 kg Nitrat, dem behufs Neutralisierung der letzten Säurereste eine geringfügige Menge kohlensaures Natron zugesetzt wird. Über den Stickstoffgehalt des gewonnenen Nitrats s. u. III, 1, B, b, S. 15.

e. Aufbewahrung.

Aus der unter d. erwähnten Trommel wird die Nitrocellulose in Säcke gefüllt und so in zwei flachen, offenen (nur mit leichtem Bretterwerk überdachten) Behältern unter fließendem Wasser, welches bei Frostwetter in dem einen Behälter mit Dampf geheizt

werden kann, bis zur weiteren Verarbeitung aufbewahrt;*) vor dieser preßt man die überschüssige Feuchtigkeit unter Schraubenpressen in Holzkasten bis auf 60 % Wassergehalt ab.

B. Nitrotoluol und Bariumnitrat.

Das Di- und Trinitrotoluol liefert die chemische Fabrik Griesheim, ersteres in gelblich-braunen krystallinischen Körpern, letzteres in schwefelgelben bröckligen Stücken.

Nitrotoluol und Bariumnitrat werden gemeinsam in drehbaren eisernen, mit Feuersteinen beschickten Trommeln (Alsing-Mühle von Dinse, Berlin) zu feinem Mehl gemahlen. Da das Dinitrotoluol eine ungemein große Zähigkeit und Kohäsion (fast wie Harz) besitzt, wird das Kleinen durch die Beigabe des spröden, sandartigen Bariumnitrats wesentlich erleichtert.

2. Mengen.

Zum innigen Vermengen der nassen Nitrocellulose von 60 % Wassergehalt und des aus Nitrotoluol und Bariumnitrat bestehenden trockenen Mehls bedient man sich der bekannten Flügel-Knetmaschinen von Werner und Pfleiderer.

Den genannten drei Bestandteilen tritt bei manchen (neueren) Plastomenit-Arten (s. unter III, 1, a, S. 11) noch eine geringe Menge Kaliumchromat**) hinzu.

3. Trocknen.

Der so gewonnene feuchte Satz wird bei einer Wärme von 30° C. in eisernen Schränken (s. Tafel I und II) getrocknet, die im Freien stehen, durch Gipsdielen geschlossen und mit Wellblech leicht überdacht sind. Durch Dampf erwärmte Luft strömt unten in die Schränke ein und wird oben mittels Dampfstrahlgebläse in zwei Schornsteine abgesaugt. Der zu trocknende Pulversatz selbst befindet sich in Schubladen von Messing bzw. Aluminium.

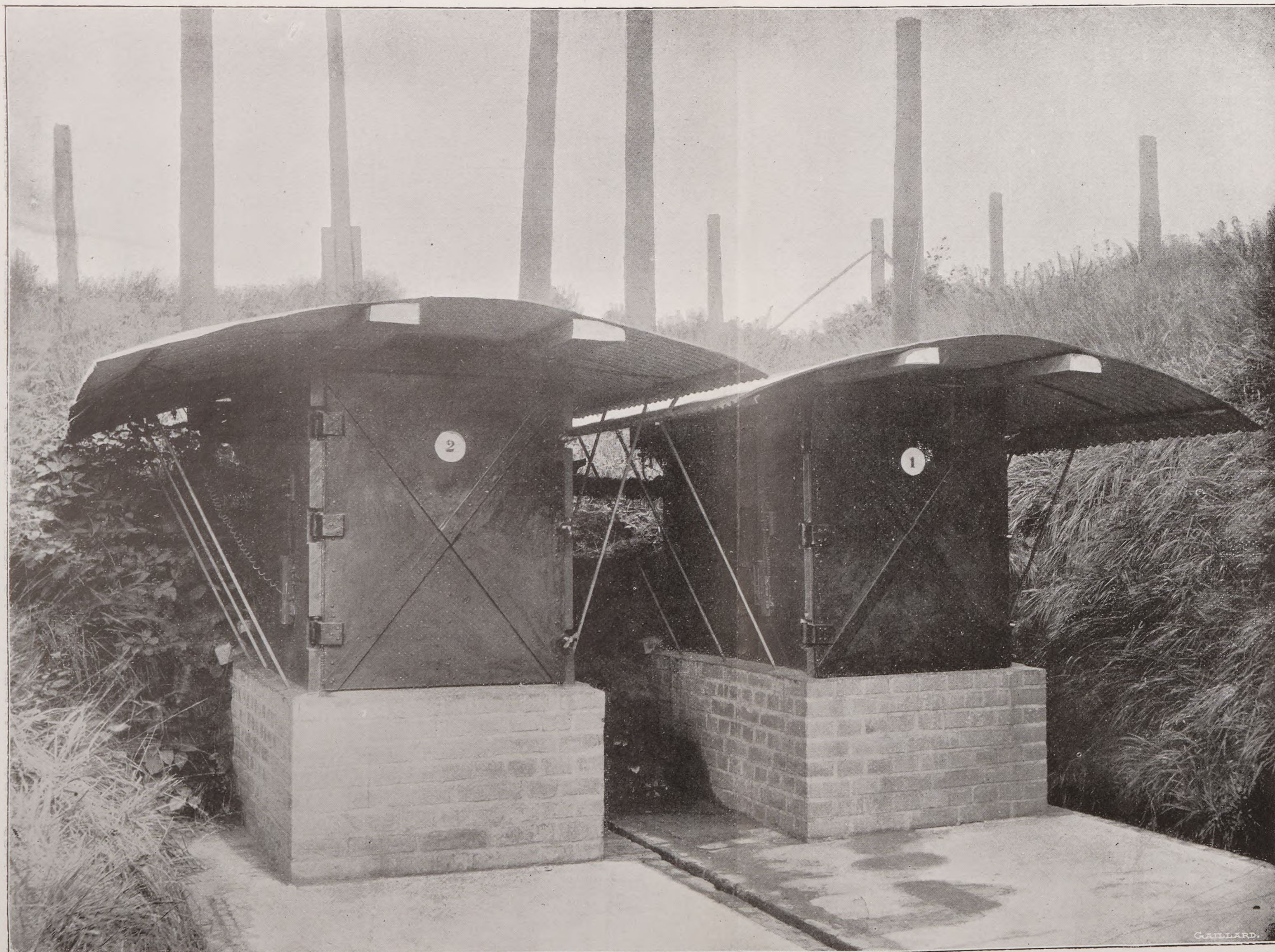
Elektrische Alarmvorrichtungen beugen einer übermäßigen Steigerung der Wärme vor, während starke Schutzwälle in dem — bisher nicht eingetretenen — Fall einer Explosion jede Gefährdung der Umgebung ausschließen.

*) Über den ungemein vorteilhaften Einfluß, welchen die jahrelange Lagerung in fließendem Wasser auf die chemische Beständigkeit selbst einer von Natur sehr mangelhaften Schießwolle ausüben kann, s. in v. Romocki, Geschichte der Explosivstoffe, Teil II. Die rauchschwachen Pulver (Berlin 1896) S. 153 ff.

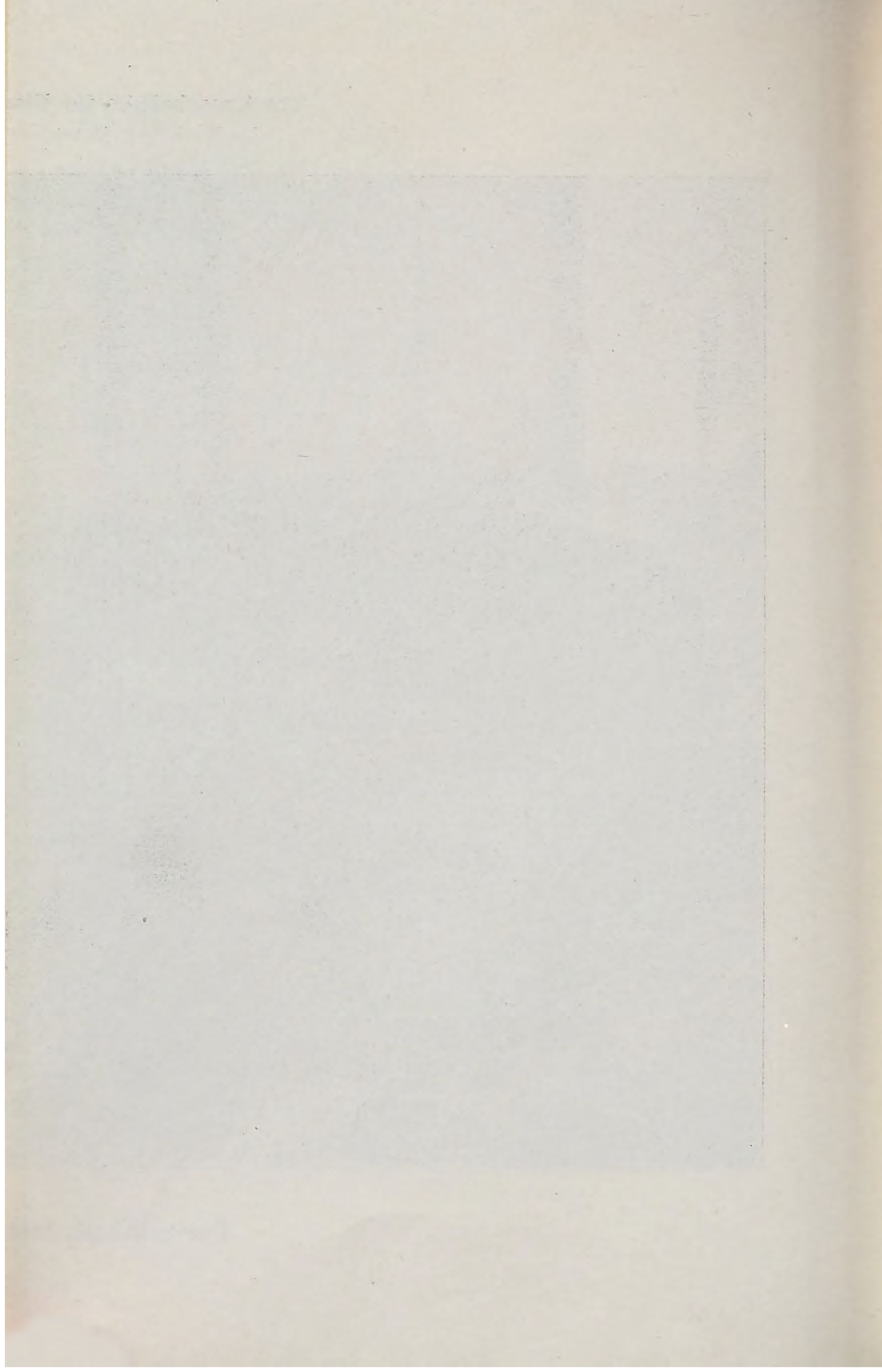
**) Neutrales chromsaures Kali (gelbes Chromsalz) = $K_2 Cr O_4$.

Trockenschränke für Plastomenit.

Eine Batterie zu zwei Elementen, geschlossen.



Pulverfabrik Jessen.



Trockenschränke für Plastomenit.

Eine Batterie zu zwei Elementen, geöffnet.



Pulverfabrik Jessen.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

LIBRARY

4. Schmelzen und Pressen.

Der getrocknete Satz gelangt in den Bronzecylinder einer hydraulischen Presse (s. Tafel III), dessen Inhalt durch einen Dampfmantel auf 72° C. (für Satz mit Dinitrotoluol) bzw. 82° (für Trinitrotoluol-Pulver) erwärmt wird. *)

Das schmelzende Nitrotoluol löst die Nitrocellulose vollständig auf, während der sich bildende weiche, knetbare Teig gleichzeitig einem Druck, welcher je nach der beabsichtigten Wirkung und dem Verwendungszweck des Pulvers zwischen 40 und 200 at schwankt (s. unter III, 4, S. 21 und 22)), unterworfen und zwischen Bronzeplatten zu kreisrunden, dünnen Scheiben gepreßt wird. Diese Verdichtung des Teiges befördert zugleich wesentlich die innigste gegenseitige Annäherung und „Inkorporierung“ der einzelnen kleinsten Teilchen.

Vom praktischen Bedarf der Fabrikation hängt es ab, ob eine vollständige oder nur teilweise Schmelzung angewendet wird; in letzterem Fall nimmt die Explosivität des Fabrikats natürlich zu, wie z. B. bei den Plastomenit-Manöverpulvern, in denen die Schmelzung auf einen verhältnismäßig niedrigen Grad herabgedrückt ist.

Der erkaltete Kuchen (s. Tafel IV) zeigt eine glänzend braune Färbung und besitzt ein hohes Maß von Festigkeit, Härte und Zähigkeit. Ein mit großer Geschwindigkeit dagegen verfeuertes Stahlmantelgeschloß bringt (ohne eine Entzündung herbeizuführen) ein ähnliches Schußloch in dem Kuchen hervor wie die Panzergranate in einer zähen Nickelstahlplatte.

5. Körnen.

Nach dem Erkalten wird der Kuchen auf Walzenkörnmaschinen gebrochen, welche je zwei Walzenpaare enthalten; die Mantelflächen des oberen Paares sind mit Zacken, die des unteren mit Längsrinnen versehen.

6. Sonstige Bearbeitung.

Das Sortieren (auf Messingsieben), das Polieren und Graphitieren (in Holztrommeln mit glatten Innenflächen), das Ausstauben und das Vermengen bieten nichts Bemerkenswerthes bzw. keine wesentlichen Unterschiede von dem sonst üblichen Verfahren.

*) Die Schmelzpunkte des Di- und des Trinitrotoluols liegen bei 71 bzw. 81° C.

Das vorstehend über die Fabrikation des Plastomenits Gesagte gilt nur für die Fertigung des zu scharfen Schüssen bestimmten Pulvers; die Herstellung des Manöverpulvers (zu Platzpatronen und Manöverkartuschen) weicht in manchen Beziehungen davon ab; namentlich muß von einer völligen Schmelzung (s. u. 4, S. 9) abgesehen werden, weil der Gehalt des Manöverpulvers an Nitrotoluol ein so geringer ist, daß er auch in vollkommen flüssigem Zustand zur Auflösung der Nitrocellulose unter keinen Umständen ausreichen würde;*) diese Schmelzung ist daher eine nur teilweise. Ebenso kommt das Graphitieren bei der Fertigung des Manöverpulvers in Fortfall.

III. Eigenschaften.

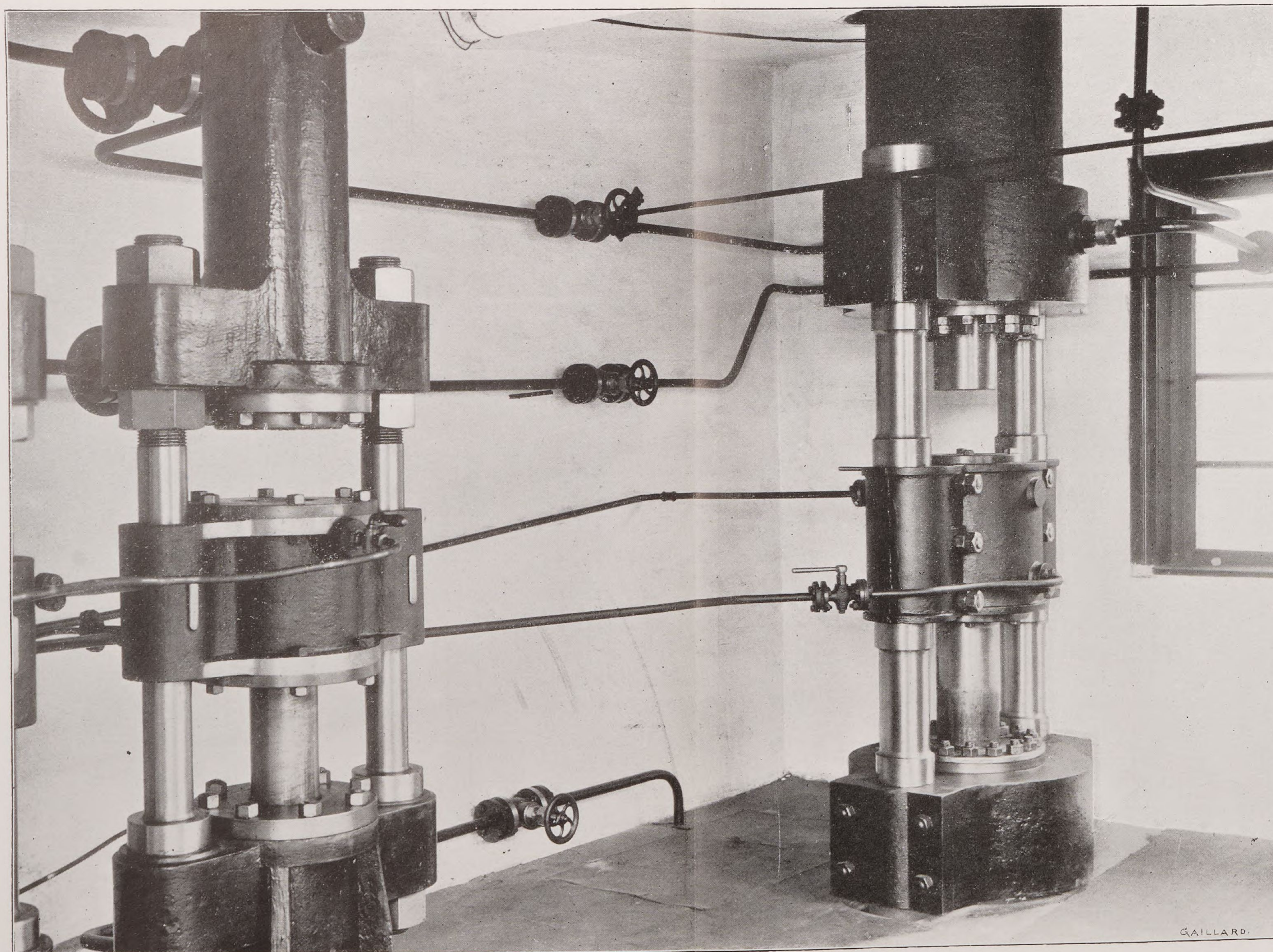
I. Zusammensetzung und Zersetzung.

A. Mengungsverhältnis der Bestandteile.

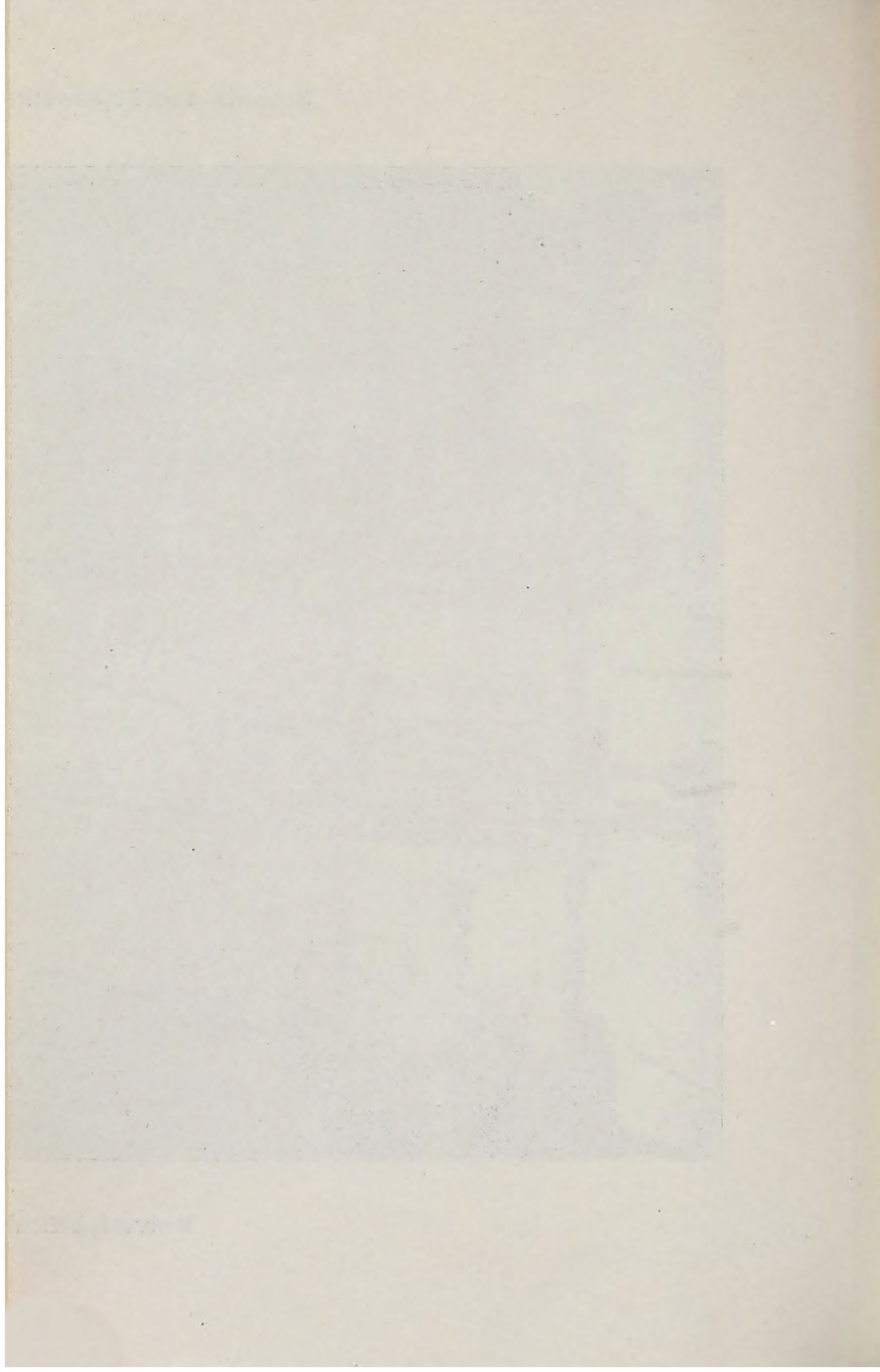
Die relativen Gewichtsmengen, mit welchen die drei Bestandteile des Plastomenits im fertigen Pulver vertreten sind, zeigen, wie es in der Natur der Sache liegt, mannigfache Abstufungen, weil sich die erreichbar beste ballistische Leistung mit Plastomenit ebenso wie mit jedem andern rauchschwachen Pulver nur dann erzielen läßt, wenn die Eigenschaften des Schießmittels den seine Kraftäußerung beeinflussenden, gegebenen oder wünschenswerten Verhältnissen der Waffe und des Geschosses in jedem Einzelfalle auf sorgsame und wohlüberlegte Weise angepaßt werden. Da aber jene Verhältnisse mit dem Wechsel des Kalibers in der Regel ebenfalls eine bedeutende Verschiebung erfahren, so liegt es schon aus diesem Grunde (abgesehen von sonstigen, gleichfalls schwerwiegenden Einflüssen) auf der Hand, daß nur eine größere Anzahl mehr oder minder verschiedener Pulverkonstruktionen allen Anforderungen zu genügen vermag, und der Satz: Jeder Waffe ihr besonderes Pulver! — wird vielleicht nicht mehr lange dem Gebiet der frommen Wünsche oder der Träume angehören.

*) Die gegenteilige Angabe in den „Mitteilungen über Gegenstände des Artillerie- und Genie-Wesens“ von 1896, S. 475, entspricht nicht der Wirklichkeit, wie sich dies durch eine quantitative Analyse des zu den betr. Versuchen herangezogenen Plastomenit-Manöverpulvers unschwer hätte feststellen lassen.

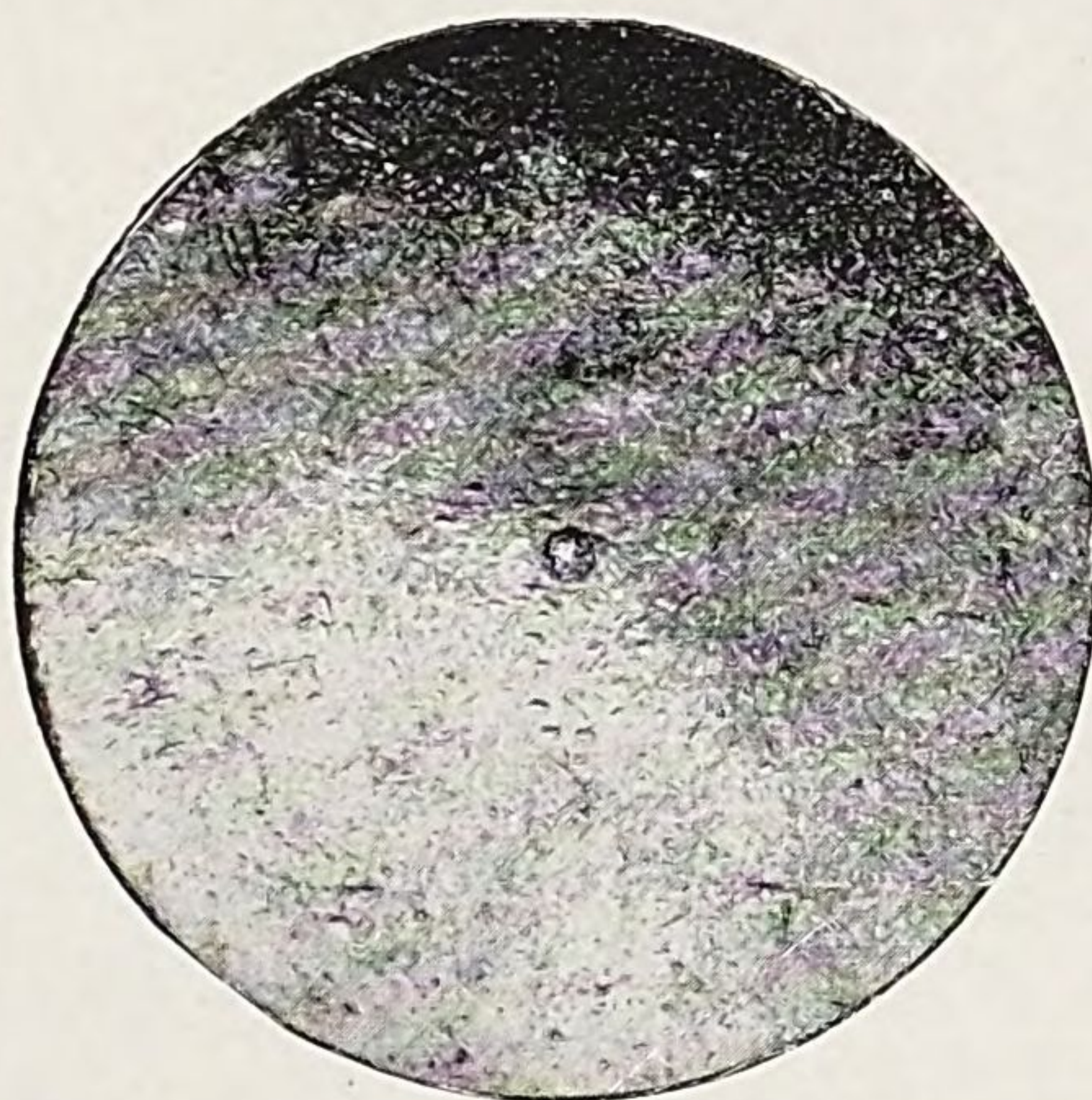
Schmelz- und Presswerke für Plastomenit.



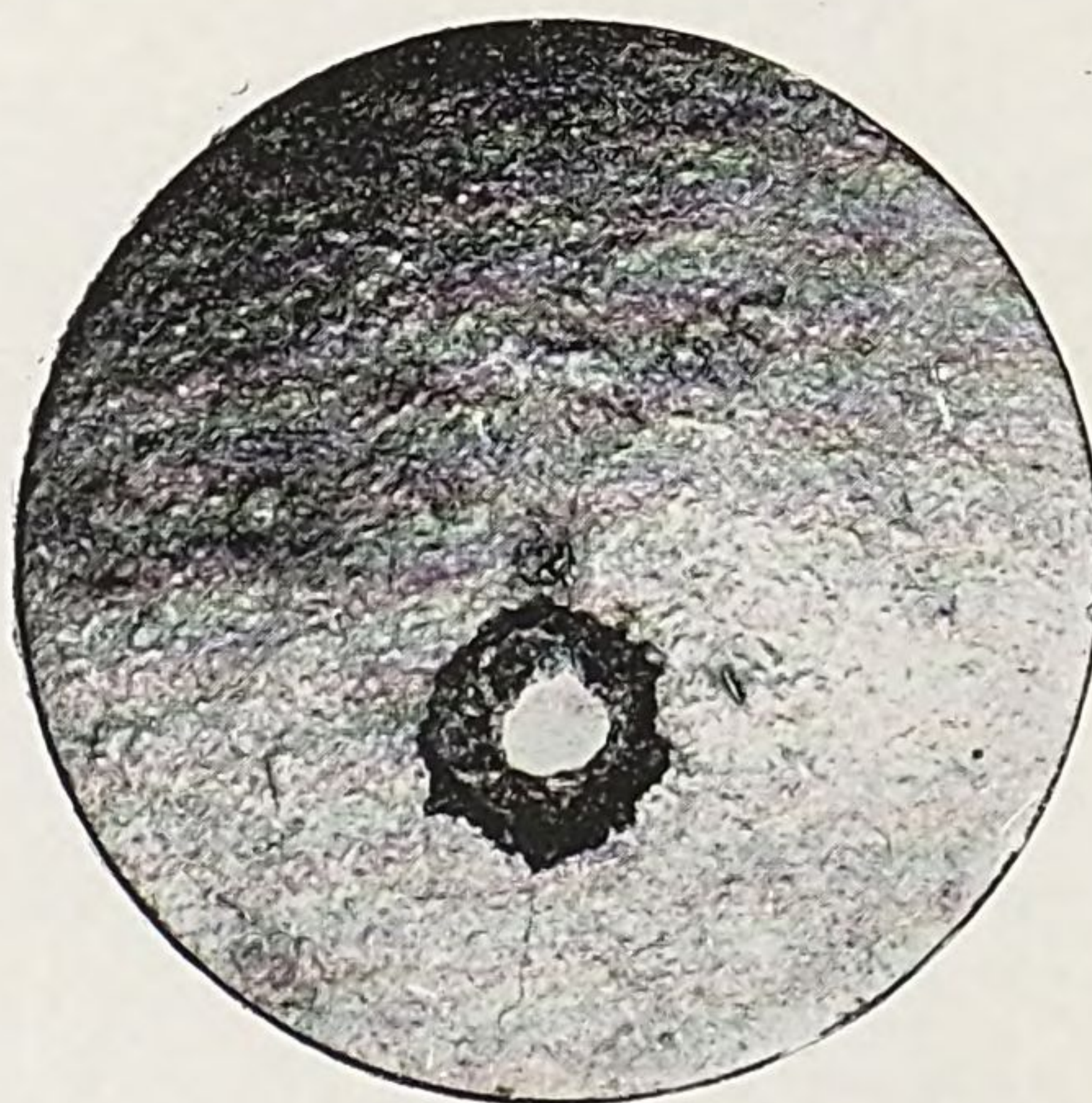
Pulverfabrik Jessen.



Gepresste Plastomenit-Platte.



Gepresste Plastomenit-Platte
mit Schussloch.



$\frac{1}{2}$ der wirklichen Grösse.

Im allgemeinen bewegen sich die aus langjähriger Erfahrung und zahlreichen praktischen Versuchen hervorgegangenen Verhältniszahlen der Bestandteile bei allen Plastomenit-Arten in folgenden Grenzen:

Nitrocellulose	60 bis 75 %
Nitrokohlenwasserstoffe (Nitrotoluole) . .	12 „ 27 %
Salpetersaure Salze (Bariumnitrat) . . .	10 „ 13 %
Chromsaure Salze (Kaliumchromat) . . .	0,5 „ 3 %

Die älteren Muster waren, behufs thunlichster Ermäßigung des Gasdrucks, auf Dinitrotoluol unter Fortlassung der chromsauren Salze aufgebaut. Diese Pulver drängten indes auf eine verhältnismäßig starke Ladung hin, welche, besonders in den Kleinkalibergewehren, entweder einen unstatthaft großen Pulverraum beanspruchte oder eine zu hohe Hülsenfüllung ergab bzw. sogar ein Zusammendrücken der Pulversäule beim Einsetzen des Geschosses herbeiführte und dadurch die ballistische Leistung in ungünstigem Sinne beeinflusste.

Es empfahl sich deshalb, ohne auf die vorteilhaften Eigenschaften des Dinitrotoluols gänzlich zu verzichten, sich für gewisse Zwecke vorwiegend des kräftigeren Trinitrotoluols zu bedienen.

Seit Juni 1895 wurde ferner, im Sinne des D. R.-P. Nr. 56 946, mehrfach — zunächst namentlich bei Manöverpulvern — ein geringer Zusatz von Chromaten angewendet, welcher einerseits durch günstige Sauerstoff-Abgabe die vollkommene Verbrennung des Pulvers befördert und die Flammenerscheinung beseitigt bzw. vermindert, während er andererseits zugleich ein leichtes Abblättern des Rückstandes von den Seelenwandungen und Verschußteilen bewirkt *) Letzterer Umstand kommt vorzugsweise beim Feuern aus Geschützen mit Zeugkartuschen zur Geltung; in Handfeuerwaffen ist der Rückstand ohnehin äußerst geringfügig (s. u. 12, S. 33 ff. und u. IV, B, f, S. 70).

Eine wesentliche Rolle bei Herstellung der Plastomenit-Normalpulver spielen die „Mischungen“ verschiedener Grundtypen, welche sich teils durch Dichte und Raumgewicht, teils durch die Zeitdauer der Zersetzung und die Kraftäußerung voneinander unterscheiden.

Solche Typen haben vorwiegend folgende Zusammensetzung:

*) Vermöge seiner ungemein lockeren Beschaffenheit ist dieser Rückstand, welcher in der Farbe grünen Theeblättern ähnelt, nur wenig lästig. Vgl. v. Romocki, Geschichte der Explosivstoffe, Teil II, S. 313.

A. Für Kleinkalibergewehre.*)

1. 75 % Nitrocellulose,
12,5 % Dinitrotoluol,
12,5 % Bariumnitrat.
2. 61 % Nitrocellulose,
26 % Trinitrotoluol,
13 % Bariumnitrat.
3. Mischpulver aus 1 und 2, enthaltend:
68 % Nitrocellulose,
6 % Dinitrotoluol,
13 % Trinitrotoluol,
13 % Bariumnitrat.

B. Für Feldgeschütze.

4. *) 75 % Nitrocellulose,
12,5 % Dinitrotoluol,
12,5 % Bariumnitrat.
5. 60 % Nitrocellulose,
25,5 % Trinitrotoluol,
12,5 % Bariumnitrat,
2 % chromsaures Kali.
6. Mischpulver aus 4 und 5, enthaltend:
65 % Nitrocellulose,
5 % Dinitrotoluol,
17 % Trinitrotoluol,
12 % Bariumnitrat,
1 % chromsaures Kali.

C. Für Pistolen (Selbstlader).

7. 70 % Nitrocellulose,
18 % Trinitrotoluol,
10 % Bariumnitrat,
2 % chromsaures Kali.

D. Älteres Manöverpulver für Gewehre.

8. 60 % Nitrocellulose,
5 % Dinitrotoluol,
35 % Bariumnitrat.

*) Mit oder ohne Chromate; im ersteren Fall bis zu 2 %.

E. Neues Manöverpulver für Gewehre und Geschütze.

- 9. 70 % Nitrocellulose,
- 5 % Trinitrotoluol,
- 23 % Bariumnitrat,
- 2 % Kaliumchromat.

Charakteristisch für die stufenweisen Fortschritte der Plastomenit-Fabrikation, soweit dabei das Mengungsverhältnis der Bestandteile in Betracht kommt, ist neben der Verwendung des Kaliumchromats namentlich der Umstand, daß, wie schon erwähnt, der Gehalt an Bariumnitrat sich stetig verringert hat, während das Dinitrotoluol überwiegend durch Trinitrotoluol ersetzt worden ist. Auf diesem Wege hat man durch Vermehrung der wesentlich thätigen und Verminderung der trägeren Bestandteile einerseits eine entsprechende Steigerung der ballistischen Leistung erreicht und andererseits die Raucherscheinung und den Rückstand erheblich eingeschränkt.

Daß künftig durch abermalige Herabsetzung oder sogar durch gänzliches Ausscheiden des Bariumnitrats aus dem für scharfe Schüsse bestimmten Plastomenit in manchen Fällen eine weitere bedeutende Verbesserung erzielt werden wird, läßt sich im Hinblick auf die jüngsten Fortschritte der Fabrikation mit ziemlicher Bestimmtheit erwarten.

Über die chemische Zusammensetzung und die Zersetzung des Plastomenits hat Herr Professor Dr. Göttig, Lehrer der Chemie an der Königlichen Vereinigten Artillerie- und Ingenieurschule zu Charlottenburg, mit einer Pulverprobe, welche, nach den Ermittlungen bei der Fabrikation, rund 68 % Nitrocellulose, 22 % Trinitrotoluol und 10 % Bariumnitrat enthielt, die eingehendsten Untersuchungen ausgeführt und deren Verlauf und Ergebnis in dem nachstehend wiedergegebenen Schriftstück zusammengestellt:

B. Chemische Zusammensetzung.

a. Bestimmung der prozentischen Zusammensetzung.

α. Feuchtigkeit.

„Die fein gepulverte, über Chlorcalcium aufbewahrte Substanz wurde bis zum konstanten Gewicht bei 45° C. erwärmt, wobei sich ein restierender Feuchtigkeitsgehalt von 0,90 % ergab.“

β. Bariumnitrat.

„Die Substanz wurde mit Wasser ausgekocht, bis ein Rückstand beim Verdampfen des Wassers nicht mehr entstand, worauf das Bariumnitrat in Bariumsulfat übergeführt und gewogen wurde. Aus der Gewichtsmenge des geglühten Bariumsulfats wurde die des Nitrats berechnet. Es ergab sich als Durchschnitt mehrerer ziemlich übereinstimmender Resultate 9,76 %.“

γ. Nitrierte Kohlenwasserstoffe.

„Die Bestimmung geschah teils durch Extraktion des mit Wasser ausgekochten getrockneten Pulvers mit Chloroform unter Hinzurechnung des bereits durch Wasser aufgelösten Stoffs, teils durch direkte Behandlung des Pulvers mit Chloroform unter Abzug des geringen in Chloroform löslichen Prozentsatzes.“

„Da diese Stoffe schon bei mäßiger Temperatur (unter 100° C.) flüchtig sind, so ergaben sich anfangs erhebliche Differenzen, die jedoch später durch Mäßigung der angewandten Verdampfungstemperatur ziemlich beseitigt wurden. Das durchschnittliche Ergebnis entspricht 22,06 %.“

δ. Unlöslicher Rückstand.

„Der in Wasser und Chloroform unlösliche Rückstand wurde mit dem vorher gewogenen Filter bis zur Gewichtskonstanz bei 45° C. sowie im Exsiccator getrocknet und im Durchschnitt zu 67,48 % bestimmt.“

ε. Gesamtergebnis.

„Hiernach enthält:“

„Das über Chlorcalcium getrocknete Plastomenit:“

Bariumnitrat	9,76 %
Nitriertes Toluol	22,06 %
Nitrocellulosen u. s. w.	67,48 %
Feuchtigkeit	0,90 %
	100,20 %

„Das wasserfreie Plastomenit:“

Bariumnitrat	9,83 %
Nitriertes Toluol	22,22 %
Nitrocellulosen u. s. w.	67,96 %
	100,01 %

b. Untersuchung der Bestandteile.

α. Nitrocellulose.

„Von der zum Plastomenit verwendeten Nitrocellulose erwies sich ein Teil durch alkoholhaltigen Schwefeläther auflösbar.“

„An Stickstoffgehalt wurden nach Dumas durchschnittlich 12,33% gefunden. Die Kontrollbestimmungen nach dem Schulze-Tiemannschen Verfahren gaben mindestens um $\frac{1}{2}$ % niedrigere, die nach der Lungeschen Methode etwas höhere Resultate.“

β. Nitriertes Toluol.

„Der eingedampfte Chloroform-Rückstand ergab nicht eine vollständig homogene Substanz, sondern eine krystallinische bei 71° C. schmelzende Materie, die nach dem Umkrystallisieren den Schmelzpunkt (81° C.) des α (1 : 2 : 4 : 6) Trinitrotoluols annähernd zeigte, neben einer beigemengten ölartigen Flüssigkeit, die auf in Wasser unlösliches Orthonitrotoluol schließen läßt.“

C. Zersetzung.

a. Zersetzungsrückstand.

„Der mir übersandte von 49 Gewehrschüssen (= 147 g Pulver) erhaltene Rückstand wog nach sorgfältiger Befreiung von Feuchtigkeit und anhaftendem Werg 1,1682 g.“*)

„Mit diesem Rückstand wurden drei Untersuchungen vorgenommen:“

„1. Die qualitative Prüfung ergab neben einem in Säuren unlöslichen weißen Rückstand in der Hauptsache Bariumcarbonat und organische Substanz (Kohle) neben geringer Menge Alkalicarbonat, Eisen u. s. w.“

„2. Durch schwaches Glühen bis zum konstanten Gewicht ergab sich ein Gewichtsverlust von 9,51 %, wobei die gesamte Kohlensäure der Carbonate im Glührückstand verblieben war.“

„3. Zur Bestimmung des Bariums wurden von 0,5092 g des Schießrückstandes 0,3892 g Bariumsulfat erhalten, welches entspricht 0,328 g Bariumcarbonat.“

*) Dieser Rückstand von 0,79 % des verbrauchten Pulvers oder von durchschnittlich 0,0238 g auf jeden Schuß rührte fast ausschließlich von den in den verschossenen Patronenhülsen zurückgebliebenen Zersetzungsresten her, während aus der Laufseele so gut wie nichts entnommen werden konnte. — Vgl. a. u. 12, S 33 ff. Anmerkung des Verfassers.

„Hiernach enthält der Schießrückstand, in der Voraussetzung, daß das Barium als Carbonat vorhanden ist:

Organische Substanz (Kohle)	9,51 %
Bariumcarbonat	64,44 %
In Säuren unlöslicher Rückstand neben Alkalicarbonaten, Eisen- u. s. w. Verbindungen	26,05 %
	100,00 % “

b. Gasförmige Zersetzungsprodukte.

„Zur Bestimmung der Pulvergase wurde eine gewisse Menge des Pulvers in einem kleinen Verbrennungsraum durch einen mittels elektrischen Stroms glühend gemachten Platindraht zur Explosion gebracht und die entstandenen Gase, von welchen berücksichtigt wurden NO, CO₂, CO, CH₄, H, N, H₂O, in eine Eudiometerröhre geführt und untersucht, wie folgt:“

„1. Stickstoffoxyd und Kohlensäure wurden durch Absorption bestimmt.“

„2. Kohlenoxyd wurde durch Absorption mit ammoniakalischer Kupferchlorürlösung und zur Kontrolle durch Verbrennungsanalyse erhalten.“

„3. Methan und Wasserstoff wurden durch Verbrennungsanalyse (Verbrennung mit Sauerstoff-, Luft- und Knallgaszugabe, Bestimmung der gebildeten Kohlensäure durch Absorption) bestimmt.“

„4. Der Wassergehalt der Pulvergase wurde teils aus der Volumenvermehrung, welche die Zersetzungsprodukte durch Dämpfe siedenden Wassers erfuhren, mit welchen die Eudiometerröhre umgeben wurde, teils gewichtsanalytisch bestimmt.“

„5. Die Menge des Stickstoffs wurde aus dem Volumen festgestellt, welches nach der Absorption von NO und CO₂, sowie nach der Explosion und nochmaligen Absorption von CO₂ übrig blieb unter Abzug des unverbrannten Sauerstoffs und des mit der atmosphärischen Luft zugesetzten Stickstoffs.“

„Auf diese Weise fand ich in 100 Volumen der wasserfrei berechneten Pulvergase:“

NO	10,75
CO ₂	27,48
CO	36,02
CH ₄	9,01
H	1,94
N	14,80

„Bei Beurteilung dieser Zahlen ist zu berücksichtigen, daß die Absorption des Stickstoffoxyds unter Bildung von 2 Fe SO_4 , NO eine unvollständige ist infolge großer Dissociationsspannung und namentlich durch die Gegenwart von H, daß ferner die Bindung des Kohlenoxyds zu $\text{Cu}_2 \text{ Cl}_2$, CO bei Druckveränderungen u. s. w. leicht teilweise aufgehoben wird, und daß die vollständige Verbrennung des nicht absorbierten Gasrestes bei dem vorliegenden Mischungsverhältnis sehr schwer zu erreichen war.“

c. Prozentische Zusammensetzung der Zersetzungsprodukte und chemische Zersetzungsgleichung.

„Aus der bei der Gasanalyse gefundenen Menge von CH_4 und H und dem im Plastomenit enthaltenen Wasserstoff läßt sich die Menge des entstehenden Wassers zu 8,64 %, aus dem Bariumgehalt des Plastomenits und demjenigen des Verbrennungsrückstandes, der letztere zu 12,23 % (Versuch 14,28 %) berechnen.“

„Berücksichtigt man diese berechneten Werte und die Ergebnisse der gasometrischen Untersuchung, so ergibt sich für die Zersetzungsprodukte, auf 100 berechnet, folgende Zusammensetzung:“

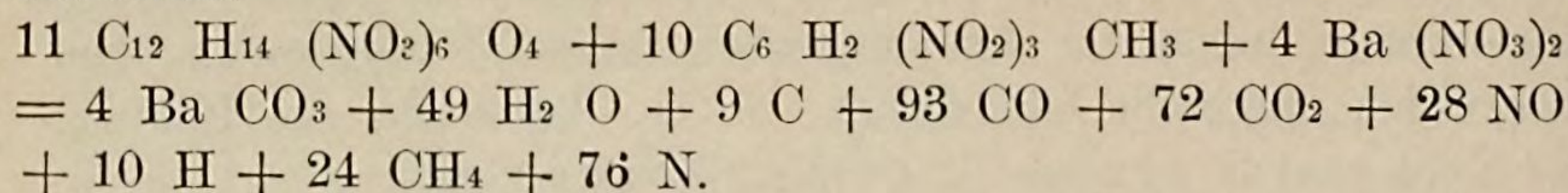
Stickstoffoxyd	8,22	Gewichtsprocente
Kohlensäure	30,89	„
Kohlenoxyd	25,71	„
Methan	3,69	„
Wasserstoff	0,10	„
Stickstoff	10,55	„
Wasserdampf	8,64	„
Verbrennungsrückstand	12,20	„

„Unter Zugrundelegung dieser Zahlen läßt sich folgendes Molekularverhältnis der Bestandteile des Plastomenits aufstellen, wobei die Zusammensetzung der Nitrocellulose nach der Ederschen Theorie angenommen ist, da die von Vieille aufgestellten Formeln noch nicht allgemein für richtig gehalten werden:“

11 Moleküle	$\text{C}_{12} \text{ H}_{14} (\text{NO}_2 \text{ O})_6 \text{ O}_4$	$= 11.594 = 6534$	Gewichtsteile
10 „	$\text{C}_6 \text{ H}_2 (\text{NO}_2)_3 \text{ CH}_3$	$= 10.227 = 2270$	„
4 „	$\text{Ba} (\text{NO}_3)_2$	$= 4.261 = 1044$	„
		<u>9848</u>	

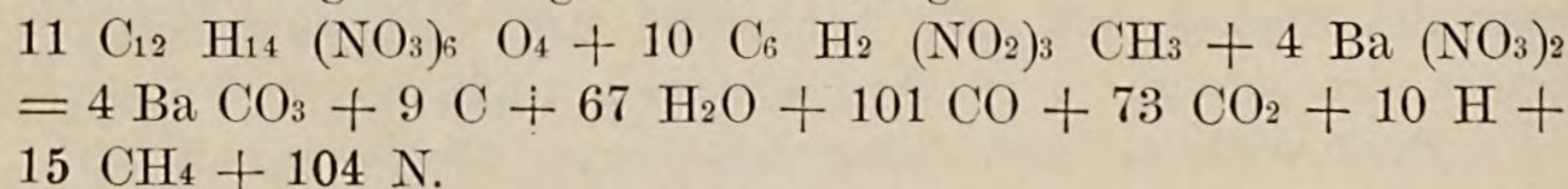
„Berücksichtigt man ferner den Prozentgehalt und die Zusammensetzung des Verbrennungsrückstandes, so läßt sich in der Annahme, daß das Bariumnitrat bei der Zersetzung ganz in Carbonat übergeführt wird, und daß der Glühverlust nur aus

Kohlenstoff besteht, folgende Formelgleichung für die Zersetzung aufstellen:



„Soll jedoch diese Gleichung ein richtiges Bild geben, so muß beachtet werden, daß erfahrungsgemäß beim Verbrennen unter hohem Druck das Stickstoffoxydgas verschwindet, indem der Sauerstoff desselben oxydierend wirkt und der Stickstoff frei auftritt.“

„Nimmt man dies an und, im Einklang mit anderweitigen Forschungsergebnissen, daß diese oxydierende Wirkung sich auf das Methan erstreckt, so zersetzt sich Plastomenit bei hohem Druck etwa gemäß folgender Gleichung:“



Berlin-Wilmersdorf, den 29. Juni 1897.

(gez.) Dr. Göttig,
Professor.“

2. Körnergrösse.

Ebenso wie das Mengungsverhältnis der Bestandteile ist naturgemäß auch die Körnergröße der verschiedenen Plastomenitarten, je nach Verwendung und Zweck, mannigfachen Schwankungen unterworfen.

Die Grenzwerte der hauptsächlichsten Plastomenit-Konstruktionen sind hierunter zusammengestellt (s. a. Tafel V):

	Äußerste Grenzen		Grenzen der vorherrschenden Körnergröße	
	mm bis mm		mm bis mm	
1. Pulver für Kleinkalibergewehre.				
a. Für 5,5 mm Gewehre	1,5	„ 3,5	2,0	„ 2,8*)
b. „ 6,0 „ „	1,2	„ 2,5	—	„ —
c. „ 6,5 „ „	1,0	„ 2,0	1,2	„ 2,0

*) Verhältnis der verschiedenen Körnergrößen:

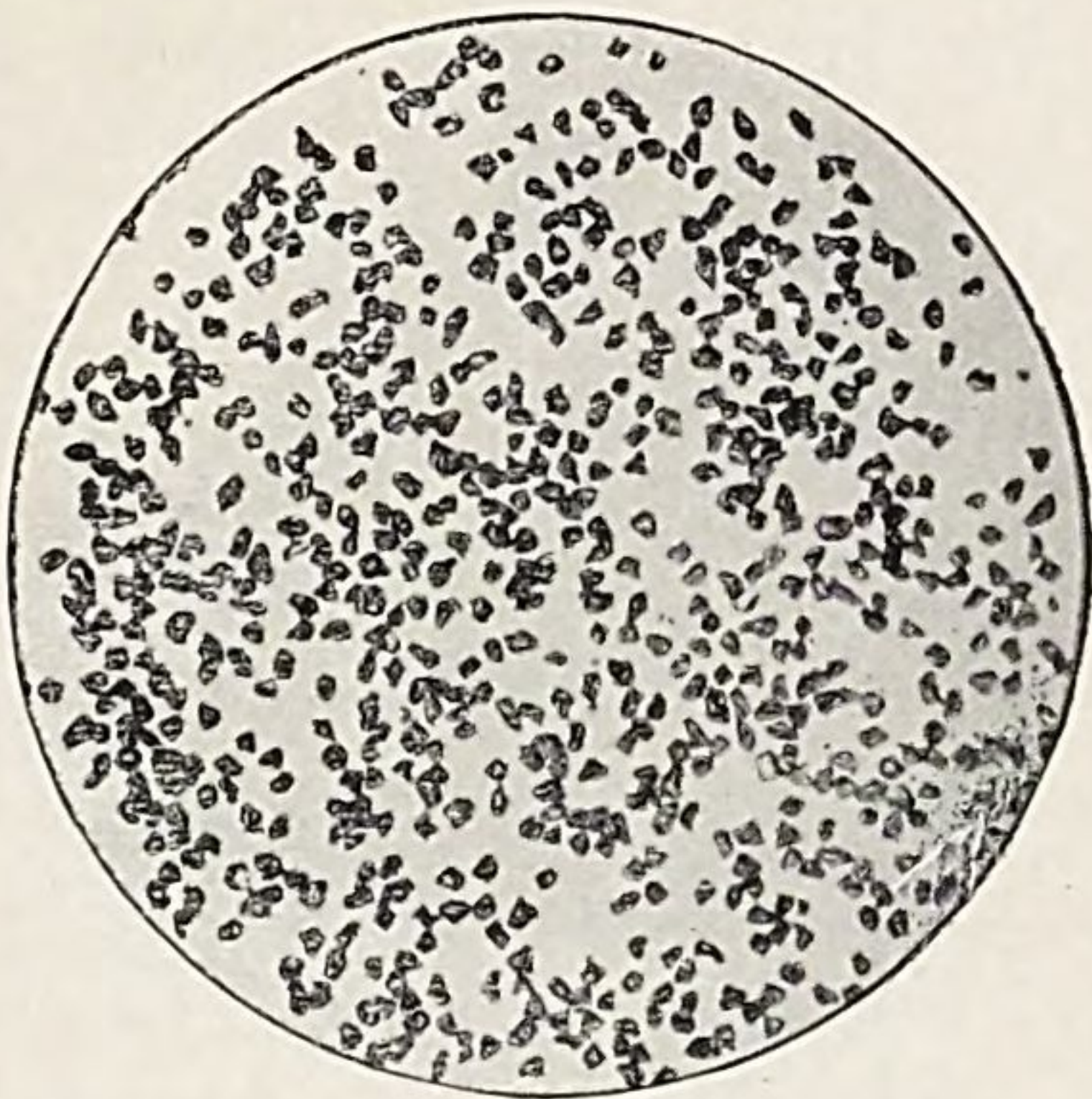
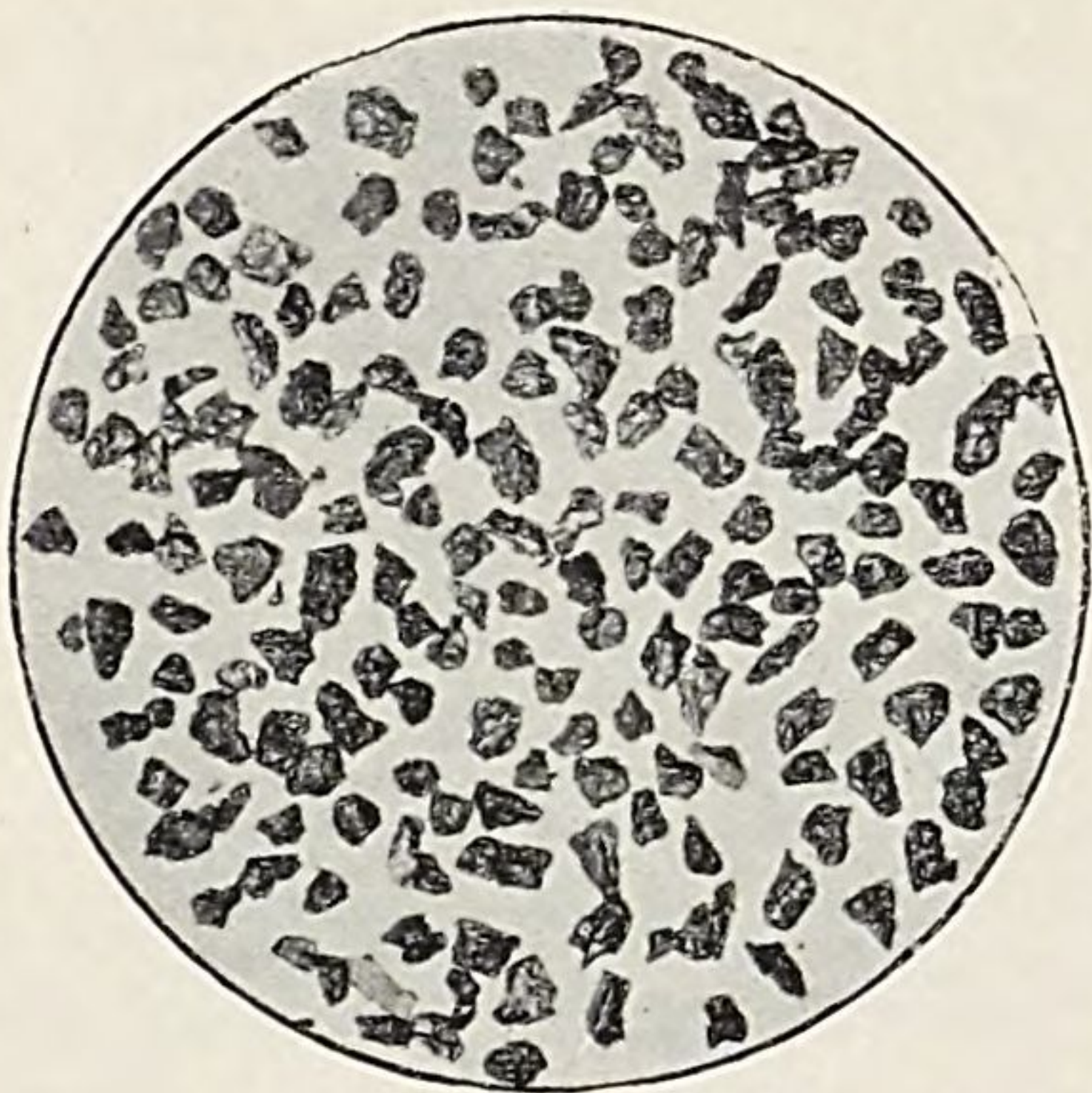
5 %	Körner von 1,5 bis 1,7 mm
7 %	„ „ 1,7 „ 2,0 „
30 %	„ „ 2,0 „ 2,5 „
40 %	„ „ 2,5 „ 2,8 „
15 %	„ „ 2,8 „ 3,0 „
3 %	„ „ 3,0 „ 3,5 „

Plastomenit

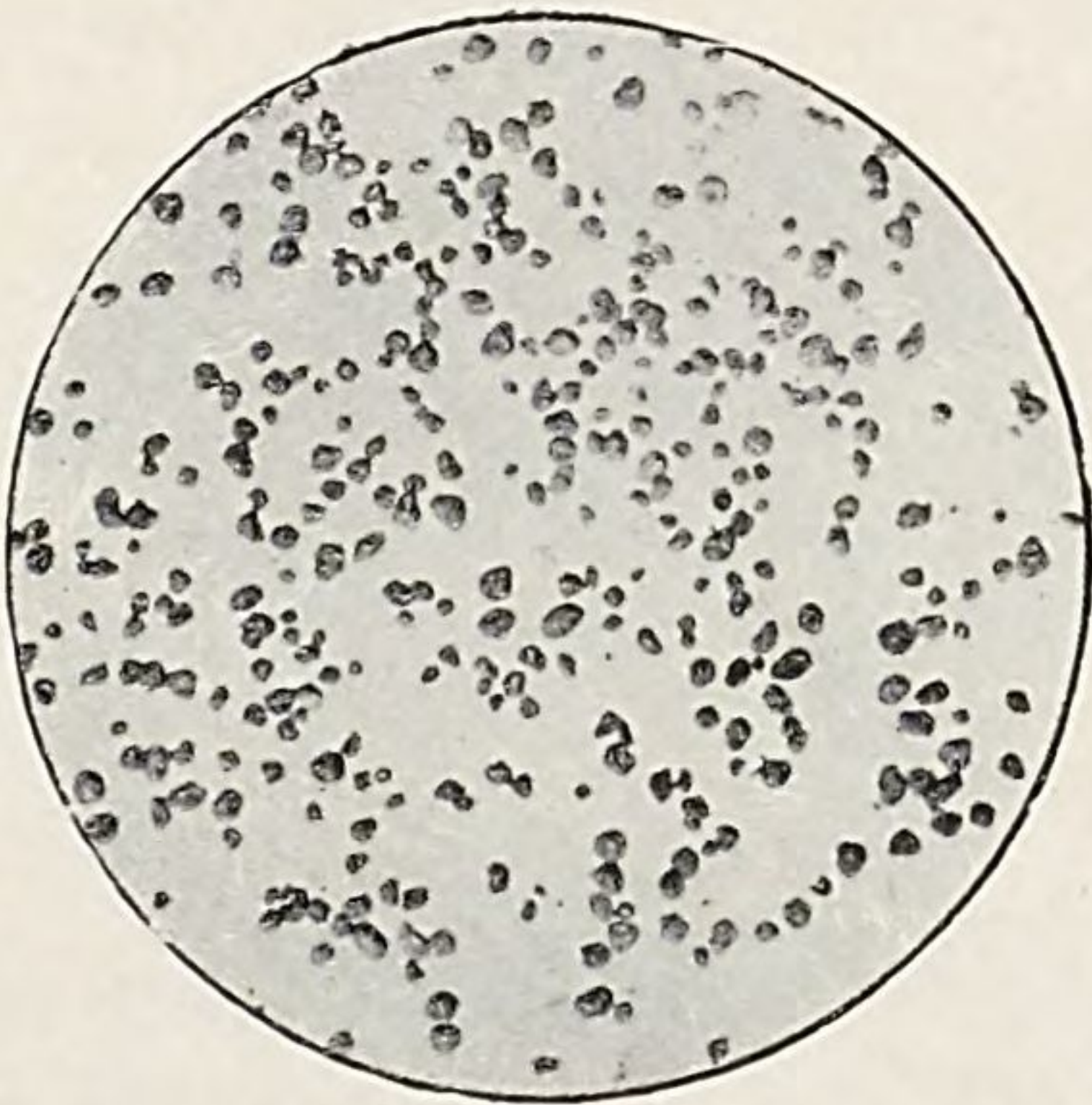
für

6 mm Gewehre

8 mm Gewehre

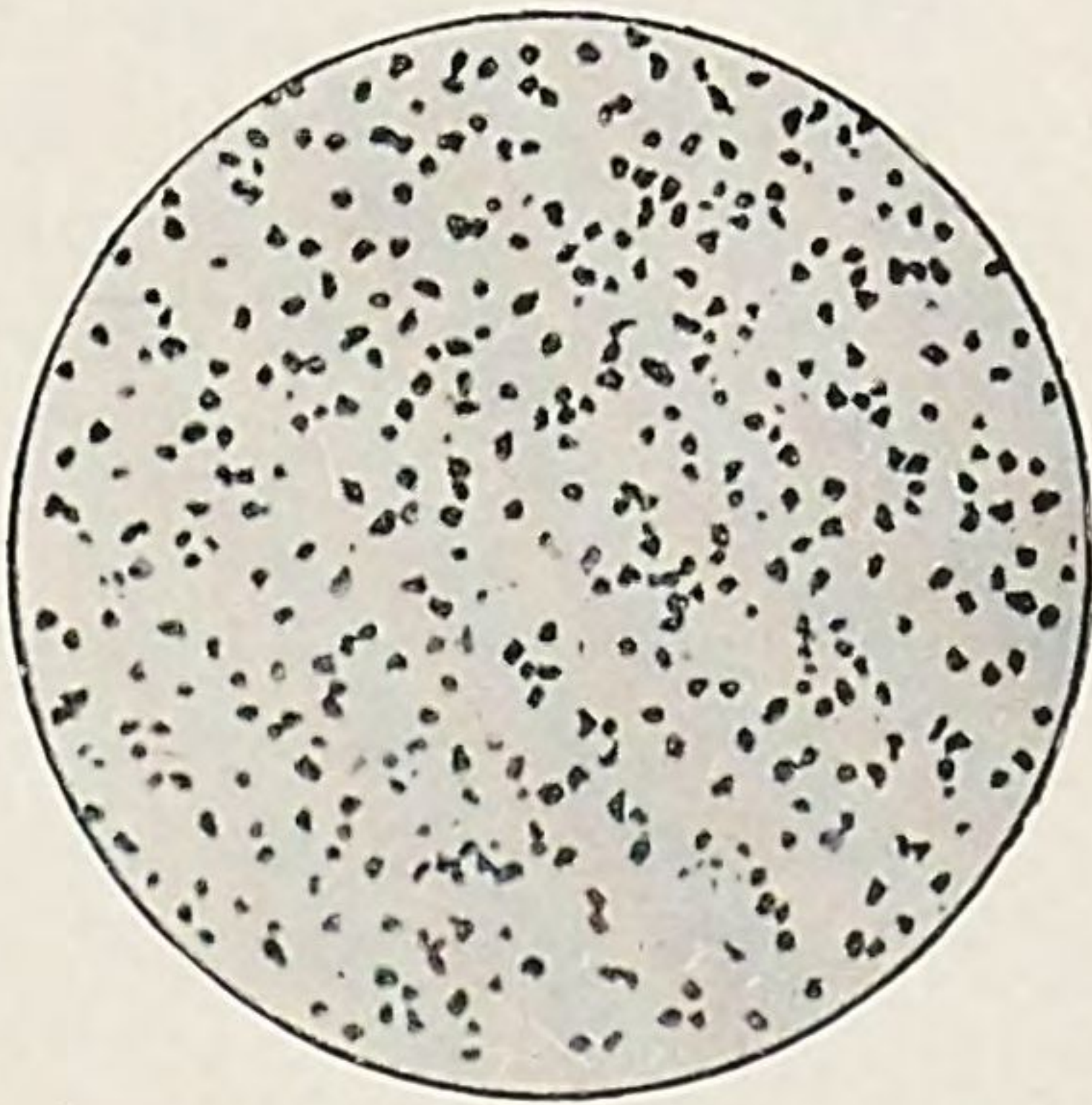
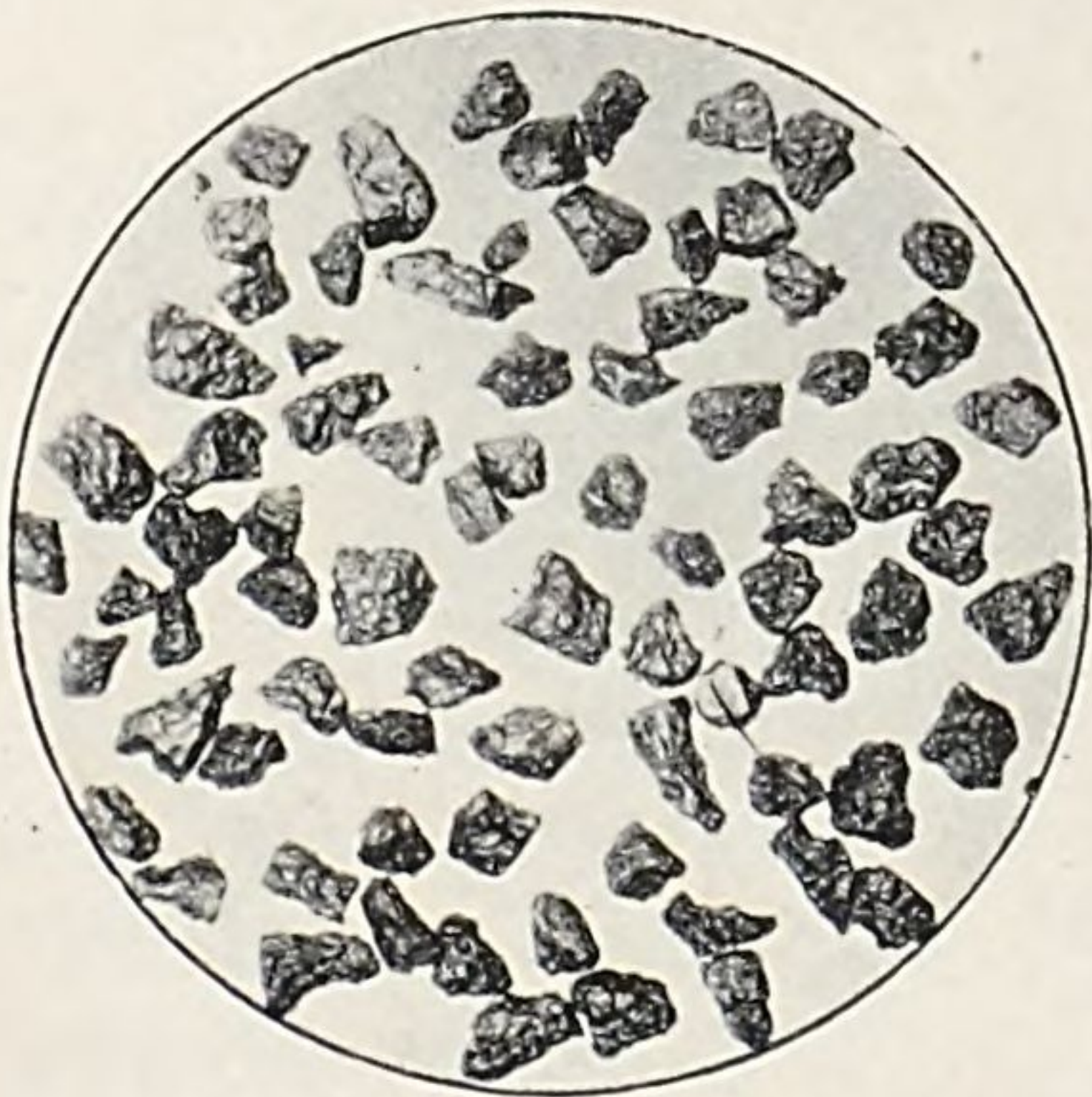


Manöverschüsse
(aus Gewehren und Geschützen)



Feldkanonen

Pistolen



Wirkliche Grösse.

d. Für 7,0 mm Gewehre	0,6 bis 1,5	0,6 bis 1,2
e. „ 8,0 „ „	0,6 „ 1,2	0,6 „ 1,0
2. Pistolenpulver	0,6 „ 1,0	0,6 „ 0,8
3. Pulver für die deutsche Feld- kanone (8,8 cm)	2,5 „ 3,5	2,8 „ 3,0
4. Manöverpulver		
a. Für Gewehre (rundes Korn) . . .	0,4 „ 1,2	0,4 „ 0,8
b. Für das deutsche Gewehr 88 (eckiges Korn)	0,6 „ 1,0	0,6 „ 0,8
c. Für Geschütze (rundes Korn) . . .	0,4 „ 1,2	0,6 „ 1,0

Anfangs waren die Grenzen der Körnergröße in einer und derselben Pulverart ziemlich weit gesteckt, weil dadurch der Vorteil einer besseren Ausfüllung des Pulverraums in der Patronenhülse gewonnen wurde; da aber gleichzeitig der überwiegende Nachteil einer größeren Unregelmäßigkeit der ballistischen Leistung mit in den Kauf genommen werden mußte, hat man die Grenzen neuerdings wesentlich enger gezogen.

3. Dichte.

Während die Dichte der verschiedenen Schwarzpulverarten im allgemeinen zwischen 1,65 und 1,90 lag, weicht sie bei den rauchschwachen Pulvern in der Regel wenig von 1,6 ab. Dieser Mittelwert wird auch vom Plastomenit im Durchschnitt nur unerheblich überschritten.

Beispiele:

1. Mit dem Quecksilber-Dichtmesser (Ermittlung des physikalisch-chemischen Laboratoriums der Güttlerschen Werke zu Reichenstein in 1896) bestimmte man die Dichte des Pulvers für Kleinkalibergewehre zu **1,594**.

2. Zwei andre, mit stärkerer Pressung gearbeitete Pulverarten wurden der Abteilung II der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Charlottenburg zur Untersuchung übergeben. Beide Pulver unterschieden sich nur durch ihr feineres bzw. gröberes Korn.

Das Ergebnis ist in nachstehendem Schreiben der genannten Reichsanstalt niedergelegt:

„Charlottenburg, Marchstr. 25, den 17. November 1896.“

„Die mit Schreiben vom 19. Oktober d. J. eingereichten beiden Proben des rauchschwachen Pulvers Plastomenit sind mündlicher Vereinbarung gemäß hinsichtlich des spezifischen Gewichts untersucht worden.“

„Hierbei haben sich als specifische Gewichte bei 18° C. bezogen auf Wasser von 40° C. als Einheit, ergeben

	im Mittel
für das feinkörnige Pulver	1,65
„ „ grobkörnige „	1,68

mit einer Sicherheit von 2 bis 3 Einheiten der 2ten Decimale.“

„Die Bestimmung wurde pyknometrisch und zwar so ausgeführt, daß zunächst von jeder Sorte Pulver eine gewisse Menge mit destilliertem Wasser bei Zimmertemperatur behandelt wurde, um eine gesättigte Lösung der löslichen Bestandteile des Pulvers zu erhalten.“

„Als specifische Gewichte der Lösungen bei 18° C. wurde gefunden

Lösung des feinkörnigen Pulvers	1,0354
„ „ grobkörnigen „	1,0276.“

„Nachdem nun ein Teil von einer der Lösungen in das Pyknometer gegossen worden war, so daß dieses bis zu $\frac{1}{3}$ gefüllt war, wurden etwa 4 oder 5 g Pulver hinzugethan, und dann zur Entfernung der im Pulver vorhandenen absorbierten Luft das Pyknometer mittels eines dickwandigen Gummischlauchs mit einer Luftpumpe verbunden. Es wurde nun so lange gepumpt, als sich aus dem Pulver noch Luft ausschied, wobei diese anfangs stark aufschäumte. Im ganzen mußte bei jedem Versuch etwa 3 Stunden gepumpt werden, ehe es gelang, alle Luft aus dem Pulver auszutreiben. Bei dieser Operation gerieten wegen des geringen Luftdrucks die Lösungen ins Sieden, wodurch eine gewisse Menge Wasser verdampfte, und die Lösung im specifischen Gewicht geändert wurde. Es wurde deshalb nach Beendigung der pyknometrischen Bestimmung nochmals das specifische Gewicht der Lösungen bestimmt; es ergab sich dabei als specifisches Gewicht bei 18° C.

für die Lösung des feinkörnigen Pulvers . .	1,0370
„ „ „ „ grobkörnigen „	1,0304“

„Bei der Berechnung des specifischen Gewichtes des Pulvers sind die letzteren Zahlen zu Grunde gelegt.“

Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Abteilung II.
(gez.) Hagen.

3. Die Dichtebestimmung einer vierten, gleichfalls unter

hohem hydraulischen Druck verdichteten Plastomenit-Konstruktion fand in der Königlichen Chemisch-Technischen Versuchsanstalt zu Berlin statt. Die Dichte wurde mittels Benzin bestimmt und bei $+ 20^{\circ} \text{ C.} = 1,692$ gefunden.*)

4. Raumgewicht.

Das Raumgewicht, welches teils von dem bei der Verdichtung des geschmolzenen Pulverkuchens angewendeten Pressdruck bzw. der Dichte des fertigen Pulvers, teils von der Gestalt und Größe der Körner abhängt, wurde im Normalliter (System Staudinger, Gießen) bei 280 mm Fallhöhe ermittelt; nur für das Geschützpulver wurde das Dekaliter benutzt, weil das gröbere Korn im Liter nicht gut ausläuft.

Je fünf Wägungen ergaben bei

1. Pulver für 6 mm Gewehre.

(Pressung: 100 at)

Litergewicht. g

811
812
811
814
811

Mittel: $811,8 \begin{matrix} + 2,2 \\ - 0,8 \end{matrix} \text{ g}$

2. Pulver für 7 mm Gewehre.

(Pressung: 150 at)

Litergewicht. g

795
794
796
794
794

Mittel: $794,6 \begin{matrix} + 1,4 \\ - 0,6 \end{matrix} \text{ g}$

*) Attest der Kgl. Chemisch-Technischen Versuchsanstalt vom 9. März 1897
— J.-N. 324.

3. Pulver für 8 mm Gewehre.

(Pressung 100 at)

Litergewicht. g

$$\begin{array}{r} 776 \\ \hline 776 \\ 777 \\ 778 \\ \hline 776 \end{array}$$

Mittel: **776,6** $\begin{array}{l} + 1,4 \\ - 0,6 \end{array}$ g

4. Pulver Typ A. 1.

(Pressung: 200 at)

Litergewicht. g

$$\begin{array}{r} 806 \\ \hline 806 \\ 805 \\ \hline 806 \\ 805 \end{array}$$

Mittel: **805,6** $\begin{array}{l} + 0,4 \\ - 0,6 \end{array}$ g

5. Pulver für die deutsche Feldkanone (8,8 cm) und für 5,5 mm Gewehre; Typ B. 6.

(Pressung: 140 at)

Litergewicht. g

$$\begin{array}{r} 793 \\ 792 \\ \hline 794 \\ 796 \\ \hline 794 \end{array}$$

Mittel: **793,8** $\begin{array}{l} + 2,2 \\ - 1,8 \end{array}$ g

6. Pistolenpulver (für Selbstlader); Typ C. 7.

(Pressung: 40 at)

Litergewicht. g

$$\begin{array}{r} 656 \\ \hline 656 \\ 657 \\ \hline 656 \\ 657 \end{array}$$

Mittel: **656,4** $\begin{array}{l} + 0,6 \\ - 0,4 \end{array}$ g

7. Manöverpulver für Gewehre; Typ D. 8.

Litergewicht. g

$$\begin{array}{r} 533 \\ \hline 533 \\ 534 \\ \hline 533 \\ 533 \\ \hline \text{Mittel: } 533,2 \begin{array}{l} + 0,8 \\ - 0,2 \end{array} \text{ g} \end{array}$$

8. Neues Manöverpulver für Gewehre und Geschütze;
Typ D. 9.

Litergewicht. g.

$$\begin{array}{r} 494 \\ \hline 494 \\ 493 \\ \hline 494 \\ 493 \\ \hline \text{Mittel: } 493,6 \begin{array}{l} + 0,4 \\ - 0,6 \end{array} \text{ g} \end{array}$$

5. Kornfestigkeit.

* Zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit des Plastomenits gegen andauernde Erschütterungen führte man in Jessen an zehn Tagen (Februar 1897) folgenden

Rüttelversuch

aus:

50 g Pulver für Kleinkalibergewehre wurden in luftdicht verschlossener Blechbüchse über einem Drahtsieb von 0,4 mm Maschenweite gelagert, und während 10×10 Stunden den Stößen einer mit der Transmission verbundenen Daumenwelle ausgesetzt, welche in der Minute 140 Umdrehungen machte. Die Gesamtzahl der Stöße betrug sonach 840 000, während die Fallhöhe der Büchse bei jedem Stoß 20 mm erreichte.

Nach Abschluß des Versuchs (13. Februar 1897) ergab die Wägung des unter dem Drahtsieb angesammelten Staubes ein Gewicht von 0,05 g = 0,1 % der zu dem Versuch herangezogenen Pulvermenge.

Das Plastomenit hatte also den andauernden Erschütterungen sehr gut widerstanden.

Das Manöverpulver, bei dessen Herstellung, wie erwähnt, wegen seines zu geringen Gehalts an Nitrotoluol das Schmelzverfahren nur teilweise ausgeführt wird, zeigt infolgedessen ein merklich lockreres Korn als das zu scharfen Schüssen bestimmte Pulver und ähnelt in dieser Hinsicht den älteren, wenig dichten und festen Schwarzpulvermustern.

In der vorhin genannten Abhandlung der „Mitteilungen über Gegenstände des Artillerie- und Genie-Wesens“ (1896, S. 475) heißt es hierüber: „— — schließlich ist dieses Präparat stark zerreiblich, daher Staub bildend, wodurch dessen Anwendung auch in sicherheitlicher Beziehung zu Bedenken Anlaß bietet.“

Unleugbar ist es, daß das frühere Plastomenit-Manöverpulver gegen Druck, Reibung und Erschütterung wenig Widerstandsfähigkeit besaß und leicht zu Staub zermalmte werden konnte, der die sichere Handhabung und Fortschaffung des Schießmittels, namentlich aber das maschinelle Laden der Patronen, selbstredend mehr oder minder gefährdete. Wenn man auch dabei kaum schlimmer gefahren sein würde als mit dem ehemaligen Schwarzpulver, so ist doch neuerdings mit Recht darauf Bedacht genommen worden, dem Plastomenit-Manöverpulver fortan durch die Art der Fertigung eine beträchtlich größere Kohäsion, Härte und Festigkeit als bisher zu geben.

Dieser Anforderung entspricht das neue in 1897 konstruierte Manöverpulver in befriedigendem Maße.

6. Feuchtigkeitsanziehung.

Nach vielfachen Ermittlungen im Exsiccator über starker Schwefelsäure und nach sonstigen zahlreichen Erfahrungen scheint der Mittelwert des natürlichen oder in gewissem Sinne „normalen“ Feuchtigkeitsgehalts des Plastomenits **1,7 (bis 1,8) %** zu betragen. Er erleidet bei sehr trockener und warmer ebenso wie bei anhaltend nasser und kühler Witterung nur eine kaum merkliche Veränderung; Pulvermengen, die vier Jahre hindurch in gewöhnlichen Drillichsäcken und Holztonnen, sowie in Gebäuden gelagert waren, welche der atmosphärischen Luft freien Zutritt gestatteten, zeigten während und nach dieser Zeit keine irgend nennenswerte Zunahme ihres Feuchtigkeitsgehalts.

Selbst durch längere Aufbewahrung in einer mit Feuchtigkeit gesättigten Luft gelang es nicht, dem Pulver mehr als 2,5 % Wasser zuzuführen (s. unter IV, B, d, S. 62, zweite Anmerkung).

Diese äußerst geringe Empfänglichkeit für Wasseraufnahme aus der Luft ist übrigens aus der Natur und Darstellungsweise des Plastomenits, das infolge des Schmelzverfahrens eine glasige, sehr wenig poröse Masse bildet, offenbar leicht genug zu erklären.

Versuche haben gelehrt, daß es unschwer gelingt, auch einen geringeren Feuchtigkeitsgehalt als 1,7% im Plastomenit fabrikationsmäßig zu erzielen und dauernd zu erhalten; aber die ballistische Prüfung dieses Pulvers ergab zugleich, daß sich das Verhältnis der Leistung zum Kraftaufwand oder der Arbeit zum Gasdruck bei dem niedrigeren Feuchtigkeitsgehalt erheblich ungünstiger gestaltete als bei höherem (vergl. in Abschnitt III unter B, d, 2, S. 63 und 64).

Das nur teilweise geschmolzene Manöverpulver, namentlich dessen ältere Form mit ihrem lockreren und poröseren Korn war gegen die Feuchtigkeit der Luft selbstredend weit empfindlicher. Die „Mitteilungen über Gegenstände des Artillerie- und Genie-Wesens“*) äußern sich hierzu wie folgt:

„— — überdies erscheint dasselbe“ (Plastomenit-Manöverpulver) „infolge seiner großen Hygroscopicität (Feuchtaufnahme in feuchtsatter Luft binnen 24 Stunden 4,28 %, binnen 36 Stunden 11,8 %) bezüglich der Zündungsfähigkeit zu wenig verläßlich.“

Daß das Manöverpulver erheblich mehr Feuchtigkeit aus der Luft aufnimmt als das für scharfe Schüsse bestimmte Fabrikat, ist, wie gesagt, eine unbestreitbare Thatsache. Immerhin dürfte der obige Versuch, bei dem es während 36 Stunden der Einwirkung feuchtsatter Luft unterworfen wurde, der praktischen Bedeutung entbehren, da die Möglichkeit, daß es bei der Aufbewahrung oder dem Gebrauch jemals mit feuchtsatter Luft in Berührung kommen könnte, füglich überhaupt als ausgeschlossen zu betrachten ist.

Weit wertvoller für die Praxis erscheint dagegen ein anderer in Jessen ausgeführter Versuch, bei dem man eine gewisse Menge Manöverpulver ein Jahr lang an einem besonders feuchten Ort (Senkgrube) in offener Schachtel aufbewahrte. Nach dieser Zeit zeigte das so behandelte Pulver, welches infolge der beträchtlichen Feuchtaufnahme teilweise bereits Klumpen gebildet hatte, dennoch ein völlig tadelloses Verhalten; sowohl an

*) A. a. O.

lodernder Flamme, wie in der Waffe entzündete es sich durchaus normal; ebenso ließ es beim Verfeuern in bezug auf scharfen Knall, gute Geschößzerstäubung, geringfügige Rauch- und gänzlich mangelnde Flammenerscheinung vor der Mündung nichts zu wünschen übrig.

Damit ist wohl der praktische Beweis erbracht, daß die geäußerten Zweifel an der „verlässlichen Entzündungsfähigkeit“ des feucht gewordenen Plastomenit-Manöverpulvers, selbst bei dem älteren lockeren und daher für Feuchtigkeitsaufnahme vorzugsweise empfänglichen Korn, nicht als begründet anzuerkennen sind.

7. Empfindlichkeit gegen Stoss und Schlag.

Zur Prüfung dieser, für die gefahrlose Handhabung, Fortschaffung und Verwendung des Pulvers so bedeutsamen Eigenschaft haben bisher folgende Versuche stattgefunden:

a. Bukarest 1893.

Verhandlung der zur Ermittlung des geeignetsten Pulvers für das rumänische Gewehr m/93 eingesetzten Versuchskommission vom 2. Juni 1893.

„Artikel 7. Handhabung.“

„Die Handhabung des Pulvers ergibt keinerlei Gefahr und entwickelt auch keine schädlichen Gase.“

„Gegen eine mit Pulver gefüllte, 8 m von der Gewehrmündung angebrachte Holzschachtel wurden 4 scharfe Schüsse abgegeben; bei dem vierten Schuß entzündete sich das Pulver ohne Explosion.“

* b. Jessen, 14. November 1896. *)

Beschießen von Kästchen aus Kiefernholz mit Plastomenitfüllung.

Äußere	{	Höhe	} der Kästchen	{		130 mm
		Breite				100 „
		Stärke				25 „

Gewicht der Pulverfüllung: 35 g.

Waffe: Rumänisches 6,5 mm Gewehr m/93 mit Stahlmantelgeschöß.

Entfernung des Ziels von der Mündung: 6 m.

Mittlere Treffgeschwindigkeit: 702 m.

*) Thermometer: + 3° C.; Wetter klar; Windstärke 3.

1. 25 Schuß in 7 Minuten.*)

Sämtliche Schußlöcher lagen in einem Rechteck von 97 mm Höhe und 86 mm Breite und griffen vielfach ineinander.

Es trat weder Entzündung noch Dampfbildung ein. Das Schießen mußte abgebrochen werden, weil das Kästchen beim letzten Schuß zersplitterte.

2. 23 Schuß in 7 Minuten.*)

Die Schußlöcher lagen in einem Rechteck von 78 mm Höhe und 65 mm Breite.

Die sonstigen Umstände und das Ergebnis waren die gleichen wie unter 1.

* c. Jessen, 14. November 1896.

Prüfung des Pulvers durch Schlag von Eisen auf Eisen.

Das zu diesem Versuch hergestellte Fallwerk war für veränderliche Bärbelastung und unveränderliche Fallhöhe (= 1 m) eingerichtet; die Berührungsflächen von Bär und Amboß zeigten blankes Eisen. Die verwendete Pulvermenge betrug bei jedem Schlag 1 g und wurde während der mit dem gleichen Bärgewicht gegebenen Schläge nicht gewechselt.

Gewicht des kg	Bewegungs- arbeit B ä r s mkg	Zahl der Schläge	W i r k u n g
25	25	3	Pulver nicht entzündet.
45	45	3	Pulver beim 3. Schlag entzündet.
55	55	3	Pulver beim 2. Schlag teilweise entzündet.
75	75	1	Pulver entzündet.

Die Ergebnisse dieser Versuche lassen erkennen, daß das Plastomenit an Unempfindlichkeit gegen äußere mechanische Einwirkung und somit an Sicherheit bei der Handhabung kaum irgend einem andern Schießmittel nachsteht, wohl aber viele in erheblichem Maße übertrifft.

*) Eine größere Feuergeschwindigkeit ließ sich nicht ermöglichen, weil nach jedem Schuß nachgesehen wurde, ob die Rückwand des Kästchens nicht zersplittert sei, während man gleichzeitig die etwa entstandenen Lücken wieder ergänzte, um das Herausfallen der Pulverfüllung zu verhüten.

8. Chemische Beständigkeit.

Das Schwarzpulver bildete ein mechanisches Gemenge aus drei Bestandteilen, welche weder einzeln noch in ihrer Vereinigung als Schießmittel irgend welchen chemischen Veränderungen infolge der natürlichen Schwankungen der Luftwärme unterworfen waren. Seine chemische Beständigkeit in dieser Hinsicht stand daher außer Frage und unterlag einer besonderen Prüfung überhaupt nicht.

Wesentlich anders und bedeutsamer hat sich die Rolle gestaltet, welche der Beständigkeit bei dem chemischen Produkt des rauchschwachen Pulvers zufällt. Anfangs wurde sie meist in dem engeren Sinne aufgefaßt, daß man die chemische Beständigkeit als gleichbedeutend betrachtete mit vollkommener Entsäuerung bzw. mit vollständiger „Neutralisierung“ der vorhandenen und bei höheren Wärmegraden leicht entweichenden freien Säure durch die dem Pulver beigemengten Salze der Alkalien und alkalischen Erden (Natriumcarbonat und -bicarbonat, Calcium- und Magnesiumcarbonat), denen sich später, besonders mit Rücksicht auf die vollkommenere Vergasung, auch noch organische Stoffe, wie Anilin, Diphenylamin und andre hinzugesellten. Jener Auffassung entsprechend sah man ein Pulver als beständig an, welches durch die Wäsche von aller Säure befreit war, die ihm nur mechanisch anhaftete, ohne chemisch gebunden zu sein, oder in dem diesen Säureresten durch die hinzugefügten neutralisierenden bzw. antiseptischen Stoffe derart das Gleichgewicht gehalten wurde, daß ein Entweichen saurer Dämpfe auch bei höheren Wärmegraden ausgeschlossen blieb.

Zur Prüfung des Pulvers in diesem Sinne bediente man sich zunächst der sog. Jodprobe, bei der ein mit Jodzinkstärkelösung behandelter und zum Teil angefeuchteter Streifen Filtrierpapier über dem lufttrockenen Pulver im Reagensglas aufgehängt und letzteres im Wasserbad einer Wärme von 80° C. ausgesetzt wird. Zeigt sich vor Ablauf von 30 Minuten an der Grenze der nassen und der trockenen Hälfte des Papiers kein blauer oder violetter Streifen, so gilt die Entsäuerung bzw. die chemische Beständigkeit des Pulvers als genügend.

Die Jodprobe hat nur das gegen sich, daß verschiedene, scheinbar belanglose und jedenfalls geringfügige Einflüsse nicht nur die Wirksamkeit der Probe völlig aufheben, sondern sogar das beabsichtigte bzw. das theoretisch zu erwartende Ergebnis in sein gerades Gegenteil umwandeln können, wie dies — und ebenso der

Wert der dem Pulver behufs Neutralisierung der freien Säure häufig zugesetzten Stoffe — in **Anlage 2** unter I und II, näher erläutert ist.

Dergleichen vernichtende Einwendungen sind gegen die zweite, die Verpuffungsprobe, allerdings nicht geltend zu machen. Bei dieser wird bekanntlich das Reagensglas, welches die zu prüfende geringe Pulvermenge enthält, in ein auf 100° C. erhitztes Ölbad eingebracht, die Wärme in der Minute um je 5° gesteigert und aus der Zeit, welche verstreicht, bis das Aufsteigen brauner Dämpfe im Glase bemerkbar wird und bis das Pulver explodiert, ein Rückschluß auf dessen chemische Beständigkeit gezogen.*)

Dies würde auch vielleicht genügen, wenn allein die chemisch nicht gebundene bzw. durch Erwärmung frei werdende Säure es wäre, welche die Beständigkeit des Pulvers nachteilig beeinflusst. Dem ist jedoch nicht so. Fast alle rauchschwachen Pulver zählen zu ihren normalen Bestandteilen (also abgesehen von der freien oder ungenügend gebundenen Säure) verschiedene flüchtige Stoffe, welche durch länger andauernde Einwirkung warmer bzw. feuchter Luft aus dem Pulver ausgetrieben werden (vgl. im Abschnitt V unter 1); diese Stoffe können durch die (nur für Säuren zugeschnittene) Jodprobe überhaupt nicht und durch die Verpuffungsprobe keinesfalls in ausreichendem Maße und mit befriedigender Sicherheit erkannt werden.

Die Frage aber, ob ein rauchschwaches Schießmittel in Berührung mit der Luft seine physikalische und chemische Beschaffenheit allmählich verändert und sich gegen die natürlichen Schwankungen der atmosphärischen Zustände, namentlich der Luftwärme und -feuchtigkeit in nennenswertem Maße empfindlich zeigt, ist unstreitig von wesentlicher praktischer Bedeutung, da eine solche Empfindlichkeit auch eine Veränderung des Wirkungswertes einer gegebenen Gewichtsmenge des Schießmittels unbedingt zur Folge haben muß.

* *) Bei einem am 21. November 1896 im Laboratorium der Pulverfabrik Jessen mit zwei Plastomenitproben vorgenommenen Versuch trat (ohne daß sich vorher braune Dämpfe entwickelt hätten) die Verpuffung der einen Probe nach 13¾ Minuten bei 171°, die der andern nach 14 Minuten bei 172° ein.

Das Plastomenit verhielt sich also zufällig ebenso, wie drei andre Pulver bei den rumänischen Versuchen. Laut Verhandlung der Kommission vom 9. September 1893 betr. Prüfung der Pulver von Schwab, Major Dragomirescu und Major Iliescu „explodierten bei der Ölbadprobe alle drei Pulver zwischen 171 und 172 Grad.“

Für den zuverlässigen quantitativen Nachweis flüchtiger Bestandteile empfiehlt es sich daher, das Pulver längere Zeit hindurch einer mittleren Wärme auszusetzen (die unter dem Siedepunkt des Wassers liegt und das Eintreten der Verpuffung dauernd ausschließt), um aus dem stufenweise eintretenden Gewichtsverlust den Gehalt des Pulvers an flüchtigen Stoffen zu entnehmen, welche der anhaltenden Einwirkung der Wärme nicht zu widerstehen vermögen und von denen vorauszusetzen ist, daß sie sich während jahrelanger Aufbewahrung auch unter dem stets wechselnden Einfluß der natürlichen atmosphärischen Zustände allmählich ausscheiden und verflüchtigen würden.

Ein solcher Versuch ist mit Plastomenit von dem Königlich niederländischen Feuerwerks-Laboratorium zu Delft ausgeführt worden; Verlauf und Ergebnis des Versuchs sind aus dem nachstehend wiedergegebenen Schreiben der genannten Behörde zu entnehmen.

Hoofd der Pyrotechnische Werkplaatsen Delft. Nr. 440.

Delft, 20. März 1894.

Herrn W. Güttler, Pulverfabriken

Reichenstein. Schles.

„ — — Ich kann Ihnen mitteilen, daß Ihr Pulver sich bei Erwärmung auf 90° während 6 × 12 Stunden in der Woche gut gehalten hat, was für die Beurteilung seiner Beständigkeit günstig ist.“

„Im einzelnen beträgt die Gesamtabnahme in Prozenten

nach der	1. Woche		1,00 %
„	2. „		1,20 „
„	3. „		1,25 „
„	4. „		1,40 „
„	5. „		1,60 „
„	6. „		1,60 „
„	7. „		1,80 „
„	8. „		1,80 „
„	9. „		2,00 „
„	10. „		2,10 „
„	11. „		2,20 „
„	12. „		2,45 „
„	13. „		2,60 „“

„Das Pulver wurde in Wägeröhrchen erhitzt, die in der

Woche 5×12 Stunden geschlossen und 1×12 Stunden geöffnet wurden, um den Zersetzungsprodukten Gelegenheit zum Entweichen zu geben.“

Der Major
(Unterschrift).

Da das Pulver von vornherein 1,8 % Feuchtigkeit enthielt, so hat sein Gesamtverlust an flüchtigen Bestandteilen (außer Wasser), während es 936 Stunden hindurch einer Wärme von 90°C . ausgesetzt war, nur 0,8 % betragen.

Das ist ohne Zweifel ein glänzendes Ergebnis, welches die wirkliche Beständigkeit des Plastomenits in der schlagendsten Weise darthut.

9. Entzündlichkeit in der Waffe.

Für die gebräuchlichen Zündungsmittel ist das Plastomenit in ganz demselben Maße empfänglich wie die andern rauchschwachen Pulver.

Die mehr erwähnte Verhandlung der Königlich rumänischen Versuchskommission vom 2. Juni 1893 besagt hierüber (im Artikel 4): „1. Die Entzündung erfolgt sofort nach dem Abziehen.“

Von besonderer praktischer Bedeutung ist aber namentlich der Umstand, daß die neueren Konstruktionen des Plastomenits für Geschütze zu ihrer sicheren und sofortigen Entzündung und Verbrennung weder einer Beiladung (Anfangsladung) aus Schwarzpulver, noch auch einer künstlich verstärkten Geschützzündung bedürfen.

10. Erhitzung der Waffe.

* Zur Ermittlung der Laufwärme nach einer größeren, im Schnellfeuer abgegebenen Schußzahl wurde am 4. November 1896 in Jessen*) folgender Versuch ausgeführt:

Waffe: Rumänisches 6,5 mm Gewehr m/93.

Ladung: 3,25 g Plastomenit für 6,5 mm Gewehre; Geschossgewicht: 10, 3 g.

a. Nachdem 50 Schuß in 2 Minuten 45 Sek. verfeuert waren, wurde die Laufwärme mittels eines Thermometers gemessen, der ungefähr in der Mitte mit einer kurzen Papierumwicklung ver-

*) Barometer: 760 mm; Thermometer: $+ 3^{\circ} \text{C}$.; Hygrometer: 74 %; Wetter bedeckt; Windstärke 7.

sehen war, welche saugend an die Seelenwandung anschloß. Dauer der Messung: 2 Minuten. Gemessene höchste Wärme (bis das Quecksilber zu sinken begann) : **103 ° C.**

b. Nach weiteren 50 Schuß, die 2 Min. 50 Sek. beanspruchten, fand die zweite Messung wie unter a. in 1 Min. 45 Sek. statt. Gemessene höchste Wärme : **150,5 ° C.** (das Quecksilber begann zu sinken). Zunahme der Laufwärme vom 50. bis zum 100. Schuß: 47,5 ° C.

Dauer des ganzen Versuchs (a und b zusammen): 9 Min. 20 Sek., so daß die erste Schußreihe nebst Messung und die zweite Schußreihe nebst Messung unmittelbar aufeinander folgten.

Zum Vergleich mögen hier noch die entsprechenden Ergebnisse Erwähnung finden, welche gelegentlich der Schießversuche erzielt wurden, die in 1892/93 auf den Schießplätzen von Saint-Denis, Satory und bei Brüssel im Auftrage der chilenischen Regierung stattfanden, um „unter den vollkommensten und neuesten Kriegsgewehren das beste“ auszuwählen.*)

G e w e h r	P u l v e r	Erwärmung des Laufs nach	
		50 Schuß Grad C. ¹⁾	100 Schuß Grad C. ¹⁾
v. Mannlicher 6,5 mm . .	Schiesswollpulver	116	126
Mauser 7 mm	C. 87	104	130
Beaumont 6,5 mm	Besondere Art	132	149
Daudeteau 6,5 mm	RR und BNF ²⁾	135	185

Nach 50 Schuß hat also das Plastomenit eine geringere Laufwärme ergeben als alle bei dem chilenischen Wettbewerb verwendeten Pulver, während es nach 100 Schuß dem Mittelwert der durch sie hervorgerufenen Erwärmung (= 148 ° C.) ungefähr gleichsteht.

Da nun der — ohne Zweifel schon an sich äußerst seltene — Fall, daß auf dem Gefechtsfelde 50 Schuß aus einer Waffe möglichst

*) Dieser Wettbewerb, an dem fünf Konstrukteure bzw. Fabrikanten mit zusammen acht verschiedenen Waffenmustern teilnahmen, endete bekanntlich mit dem Siege des (spanischen) 7 mm Mehrladers der Waffenfabrik Mauser in Oberndorf a. N. — Vgl. Wille, Fortschritt und Rückschritt des Infanteriegewehrs; Berlin 1894; S. 62—70.

¹⁾ Die Zeitdauer der einzelnen Schußreihen und Messungen ist nicht angegeben.

²⁾ BNF = Boulanger nouvelle fusil: Neues französisches Gewehrpulver von Sevrans-Livry.

rasch nacheinander verfeuert werden, immerhin weit weniger unwahrscheinlich ist als der andre — fast undenkbare — Fall, daß ein Schütze 100 Schuß in ununterbrochenem Schnellfeuer abgibt, so scheint die praktische Überlegenheit des Plastomenits über jene Pulver in bezug auf die Erhitzung der Waffe unanfechtbar zu sein.

II. Verbrennung in freier Luft.

Auch diesem, verhältnismäßig wenig einflußreichen Vorgange hat die Königlich rumänische Versuchskommission ihre Aufmerksamkeit zugewendet.

Im „Artikel 3. Verbrennung“ der Verhandlung vom 2. Juni 1893 heißt es:

„Die Verbrennung in freier Luft erfolgt in gleichmäßig fortschreitender Weise, ohne Aufwirbeln von Körnern, ohne Explosion und ohne Entwicklung schädlicher Gase.“

„Mehrere wiederholte Versuche durch Anzünden des Pulvers auf einem Porzellanteller und in verschiedenen Formen verteilt lieferten dasselbe Ergebnis.“

12. Rauch und Rückstand.

Beides sind ebenso nahe verwandte wie unerwünschte — und doch nicht völlig vermeidbare — Zugaben, durch deren Auftreten im Übermaß einer der wesentlichsten Vorzüge der Stickstoffpulver vor dem ehemaligen Schwarzpulver wesentlich beeinträchtigt, ja gänzlich verwischt werden kann.

Aus dem verwandtschaftlichen Verhältnis, in dem Rauch und Rückstand zu einander stehen, folgt indes noch keine unbedingte Identität beider. Es ist durchaus nicht immer gesagt, daß nur der beim Schuß aus der Mündung geblasene Bruchteil der festen Zersetzungsstoffe des Schießmittels den Rauch bildet. Selbst solche Pulver, die bei der Verbrennung im Lauf fast ausschließlich in Gase zerlegt werden, liefern eine Raucherscheinung, welche teils durch die Verdichtung des aus der Seele ausströmenden Wasserdampfs, teils dadurch hervorgerufen wird, daß der Stickstoff wahrscheinlich mit dem Sauerstoff der Luft neue Verbindungen eingeht,*) die eine mehr oder minder deutlich wahrnehmbare Färbung zeigen.

Immerhin wird der Satz im allgemeinen seine Gültigkeit be-

*) Vgl. Gußstahlfabrik Fried. Krupp: „Versuche mit rauchlosem Pulver von den Vereinigten Köln-Rottweiler Pulverfabriken,“ Essen 1890.

halten, daß dem größeren Rückstand in der Regel auch der stärkere Rauch und umgekehrt der schwächeren Raucherscheinung auch der geringere Rückstand beigesellt ist. Die gemeinsame Behandlung beider erscheint daher sowohl statthaft wie sachlich geboten.

Es ist nicht zu leugnen, daß die älteren Konstruktionen des Plastomenits, besonders infolge ihres relativ hohen Gehalts an Bariumnitrat, eine zu erhebliche Raucherscheinung und eine verhältnismäßig große Menge Rückstand ergaben, die mit Recht ungünstig beurteilt wurden.

Dessenungeachtet waren schon bei den rumänischen Versuchen auch in dieser Hinsicht sehr befriedigende Ergebnisse zu verzeichnen. Nach dem Bericht des Königlich rumänischen Leutnants Miclescu, welcher in den Tagen vom 18. bis 20. Februar 1893 zu Jessen eine Prüfung des Plastomenits im 6,5 mm Gewehr vornahm, „näherte sich der Knall dem des Schwarzpulvers; was den Rauch betrifft, verursachte jeder Schuß einen kleinen durchsichtigen Nebel (Dunst) von weißbläulicher Farbe, der sich sofort verzog.“

„Der Rückstand wurde nach 30, 40 und 50 Schuß ermittelt; er bestand aus einem kleinen Niederschlag von weißgrauem, nicht anhaftendem trockenen Pulver und war dem weiteren Schießen in keiner Weise hinderlich.“

Die Verhandlung der Versuchs-Kommission vom 2. Juni 1893 besagt:

„Artikel 3.“

(Schluß:*) „Die festen Rückstände“ (bei Verbrennung in freier Luft) „betrugen 34 % der verbrannten Pulvermenge und ergaben durchaus keine Spuren von Säure.“

„Artikel 4. Entzündung und Verbrennung des Pulvers in der Waffe.

1. (S. oben unter 9, S. 31.)

„2. Die Verbrennungsrückstände verschmutzen die Seele nicht; die Reinigung des Laufs wird mit Leichtigkeit bewirkt.“

„3. Der entstehende Rauch ist unmerklich.“

„4. Nach dem Schuß bleiben keine unverbrannten Körner zurück.“

*) Der erste Teil des Artikels 3 ist oben unter 11, S. 33, wiedergegeben.

* Nach den 100 Schuß (s. oben unter 10, S. 31/32), welche in Jessen am 4. November 1896 abgegeben wurden, um die Erwärmung des Laufs bei Schnellfeuer festzustellen, ermittelte man auch den Rückstand.

Loser Rückstand war überhaupt nicht vorhanden; mit dem senkrecht (Mündung unten) gehaltenen Gewehr wurden wiederholte kräftige Stöße gegen eine mit weißem Schreibpapier bedeckte harte Unterlage geführt, ohne daß sich auf der weißen Fläche mit bloßem Auge auch nur das kleinste Körnchen eines Fremdkörpers wahrnehmen ließ.

Alsdann wurden einige möglichst fest zusammengeballte Wergpfropfe von solchem Durchmesser, daß sie sich nur unter starker Pressung in den Lauf hineinzwängen und darin fortbewegen ließen, durch die Seele hindurchgestoßen; schon der zweite Pfropf zeigte kaum noch eine leise Spur von Färbung.

Die Wägung auf einer chemischen Wage ergab:

	1. Pfropf	2. Pfropf
	g	g
Vor dem Durchstoßen	0,210	0,210
Nach dem „	0,211	0,210
Unterschied:	0,001	0,000

Der Rückstand von 100 Schuß betrug somit ein Milligramm oder 0,0003 % der insgesamt verbrauchten Pulvermenge (= 325 g). — Vgl. a. S. 15, Anmerkung, sowie unter IV, B, f, S. 70.

Eine Probe desselben — chromathaltigen — Pulvers, dessen Dichte die Physikalisch-Technische Reichsanstalt ermittelt hatte (s. oben unter 3, S. 19 ff.), wurde von der Königlichen Chemisch-Technischen Versuchsanstalt zu Berlin in bezug auf die relative Gewichtsmenge des Rückstandes (bei Verbrennung in freier Luft) und auf dessen chemische Zusammensetzung untersucht.

Das Ergebnis erhellt aus folgendem:

Königl. Chemisch-Technische Versuchsanstalt.
J.-Nr. 3068.

Berlin N., den 17. Dezember 1896.

„Die Versuchsanstalt übersendet in der Anlage das Attest über die Untersuchung der persönlich überbrachten Plastomenit-Probe, sowie die Gebührenrechnung u. s. w.“

„Unter den in dem Attest J.-Nr. 3068 aufgeführten Substanzen, die in dem Verpuffungsrückstand von Plastomenit enthalten sind, ist keine, die Eisen, so lange es nicht glühend ist, angreift. Wird der etwas hygroskopische Verpuffungsrückstand naß, so befördert er, wie die meisten Salze, das Rosten des Eisens.

(Stempel.)

(gez.) Finkener.“

Anlage:

„Die Untersuchung der, der Königlichen Chemisch-Technischen Versuchsanstalt übergebenen Probe Plastomenit hat folgende Resultate ergeben:“

„Der Plastomenit hinterläßt nach der Verpuffung 10,6 % Rückstand.“

„Der Rückstand enthält:

Ätzbaryt	35,57 %
Kohlensaurer Baryt	37,74 „
Schwefelsaurer Baryt	6,04 „
Salpetersaurer Baryt	Spuren
Chromoxyd	8,21 %
Schwefelkalium	0,09 „
Kali, zum größten Teil an Kohlensäure gebunden }	2,35 „
Kohle	Rest

Attest.
J.-Nr. 3068.

Berlin, den 17. Dezember 1896.

(Stempel.)

Königliche Chemisch-Technische Versuchsanstalt.

(gez.) Finkener.“

Der bei Verbrennung an freier Luft entstandene Rückstand einer zweiten Plastomenitprobe, die auch chromsaures Kali enthielt, wurde gleichfalls in der Königlichen Chemisch-Technischen Versuchsanstalt bestimmt. Das Pulver war identisch mit dem von derselben Anstalt auf Dichte untersuchten (s. S. 20/21).

Über das Ergebnis äußert sich das mit Anschreiben vom 10. März 1897 — J.-Nr. 324 — übermittelte Attest vom 9. dess. Mts. wie folgt:

„Der Plastomenit hinterläßt nach der Verpuffung 9,53 % Rückstand.“

„Der Rückstand enthält:

Kohlensauren Baryt	71,36 %
Schwefelsauren Baryt	16,06 „

Salpetersauren Baryt	Spuren
Kohlensauren Kalk	2,47 %
Chromoxyd	4,55 „
Schwefelkalium	Spuren
Kali zum Teil an Kohlensäure gebunden	1,15 „
Kohle (Rest)	4,41 „

Attest.

Berlin, den 9. März 1897.

J.-Nr. 324.

(Stempel.)

Königliche Chemisch-Technische Versuchsanstalt.

(gez.) Finkener.“

* Was die Raucherscheinung der mit Plastomenit neueren Musters abgegebenen scharfen Schüsse anlangt, habe ich im Sommer wie im Winter unter den verschiedensten Witterungsverhältnissen mehrere hundert Schuß aus 5,5- bis 8 mm Gewehren daraufhin beobachtet und ausnahmslos gefunden, daß der Rauch vor der Mündung mindestens ebenso gering, dünn und durchsichtig war und sich auch ebenso rasch zerteilte und verschwand wie bei irgend einem andern rauchschwachen Schießmittel.

Wenn daher in den „Mitteilungen über Gegenstände des Artillerie- und Genie-Wesens“, 1896, S. 47, geltend gemacht wird, „daß Plastomenit infolge seines hohen Gehaltes an Bariumnitrat kein rauchloses Pulver ist“, so trifft das für die gegenwärtige Zusammensetzung des Plastomenits nicht mehr zu; sein Gehalt an Bariumnitrat ist sehr niedrig bemessen und die Raucherscheinung kennzeichnet es als entschieden „rauchschwach“, allerdings nicht als völlig „rauchlos“, wie in den „Mitteilungen“ gesagt ist; aber ein Pulver, welches diese Bezeichnung in Wirklichkeit verdient, das also beim Schuß gar keine Raucherscheinung zeigt, weder Rauch im eigentlichen Sinne, noch auch ein Dampf- oder Gaswölkchen von irgend welcher Färbung — ein solches Pulver ist, soviel bekannt, bis jetzt noch nicht erfunden.*)

*) Hinsichtlich des Unterschiedes zwischen Rauch und Dampf wurde schon in der vorhin (S. 33) erwähnten Druckschrift der Gußstahlfabrik Fried. Krupp: „Versuche mit rauchlosem Pulver c/89 aus den Vereinigten Köln-Rottweiler Pulverfabriken“ (Essen 1890) darauf hingewiesen, daß dies Schießmittel lauter gasförmige Zersetzungsstoffe ergebe, die beim Schuß nur dadurch teilweise sichtbar würden, daß sich der aus der Seele ausströmende Wasserdampf verdichte, während der Stickstoff mit dem Sauerstoff der Luft wahrscheinlich neue Verbindungen eingehe. Da die geringe, in der Baumwolle enthaltene Aschenmenge unberücksichtigt bleiben könne, so erhalte man keinen

Über das Plastomenit-Manöverpulver heißt es in der eben genannten Zeitschrift (1896, S. 475):

„Die Gebrauchsladung für Exerzierschüsse aus dem 8 mm Gewehr unter Verwendung normierter Schlußpfröpfe m/93 wurde mit 2,5 g ermittelt. Beim Schießen trat eine bedeutende Flammenerscheinung und Rauchentwicklung auf; die Zerteilung (Zerstäubung) der Pfröpfe war befriedigend.“

„Gegenüber dem normierten Exerzierpulver m/93 mußte das Plastomenit als unökonomisch im Gebrauche, stark rauchend und blitzend bezeichnet werden.“

Bei der angewendeten Ladung von 2,5 g kann die beträchtliche Rauch- und Flammenerscheinung nicht befremden; es ist auch sehr möglich, daß jene Ladung unter den gegebenen bzw. gewählten Bedingungen angewendet werden mußte, um eine befriedigende Zerstäubung zu erzielen.

Dagegen spricht aus verschiedenen Gründen alle Wahrscheinlichkeit dafür, daß man zu diesem Versuch ein älteres Pulvermuster benutzt hat, welches für 6,5-, aber nicht für 8 mm Gewehre bestimmt und geeignet ist. Diese Voraussetzung wird fast zur Gewißheit, wenn man den Ausfall des obigen Versuchs mit einigen am 4. November 1896 in Jessen erzielten Ergebnissen vergleicht.

* Hierbei wurde aus einem 7,9 mm Gewehr sowohl mit 8- wie mit 6,5 mm Pulver geschossen; die Ladung betrug in beiden Fällen ein Gramm; als Vorlage dienten teils Holzspangeschosse (von Fehr und Wolff in Habelschwerdt), teils Kartongeschosse (der Dresdener Kartonnagen-Fabrik).

Das 8 mm Pulver ergab bei kräftigem Knall, sehr geringer Rauch- und gar keiner Feuererscheinung eine vollkommene Zerstäubung innerhalb 5 m vor der Mündung; es entsprach also den Anforderungen.

Das 6,5 mm Pulver ließ in bezug auf Rauch und Zerstäubung

Pulverrauch, sondern nur Pulverdampf, der bei kleinen Ladungen sehr schnell verschwinde; das Pulver könne somit als „rauchlos“ (?) bezeichnet werden.

Für die Praxis des Gefechts- und Manöverfeldes ist die Unterscheidung zwischen Rauch und Dampf selbstredend ohne Bedeutung. Hier kann es offenbar nur darauf ankommen, daß beim Schuß womöglich gar keine, jedenfalls aber nur eine sehr geringfügige (und schnell verschwindende) Feuer-, Rauch- oder Dampferscheinung sichtbar wird, die auf einige hundert Meter Entfernung schon nicht mehr wahrzunehmen ist. — Vgl. a. Wille, Feldgeschütz der Zukunft (Berlin 1891) S. 281/92.

zwar ebenfalls wenig zu wünschen; dagegen war der Knall durchweg ziemlich matt und bei mehreren Schüssen ein Blitz vor der Mündung deutlich sichtbar.

Daß sich indes das 6,5 mm Pulver, wenn nicht im 8 mm, so doch im 6,5 mm Gewehr gleichfalls durchaus befriedigend verhält, beweisen seine fortdauernden, dadurch veranlaßten Prüfungen, daß es von der Königlich rumänischen Heeresverwaltung zu Manöverzwecken schon seit Jahren ausschließlich verwendet wird.

Auch das neueste Muster des Manöverpulvers (mit festerem Korn — vgl. S. 24), mit welchem in Jessen an zwei Tagen (13. Februar und 2. September 1897) 30 Schuß aus einem 7,9 mm Gewehr geschahen, lieferte durchaus günstige Ergebnisse. Die Ladung betrug 1,2 g; als Vorlage dienten teils Holz-, teils Kartongeschosse, unter denen Papierpfröpfchen in die Patronenhülse eingelegt waren. Bei guter Zerstäubung und scharfem Knall zeigte sich eine äußerst geringfügige, sofort verschwindende Rauch- und gar keine Feuererscheinung.

IV. Leistungen.

Geschwindigkeits- und Gasdruckmessungen.

In diesem Abschnitt sind vorwiegend nur die erschossenen Ergebnisse und die aus ihnen durch Rechnung gefundenen Werte verzeichnet. Die zugehörigen Erläuterungen nebst einer zusammenfassenden Beurteilung der erhaltenen Ergebnisse in ballistischem Sinne findet man im Abschnitt V unter 2.

Die Ermittlung der Mündungsgeschwindigkeit (v_0) aus der auf 25 m vor der Mündung gemessenen Geschosßgeschwindigkeit (v_{25}) ist nach von Burgsdorff und von Recklinghausen, Tafeln zur Flugbahnberechnung der Infanteriegeschosse (Berlin 1897) mittels des Ausdrucks

$$D(v_0) = D(v_{25}) - \frac{25 d^2 \delta}{p \lambda}$$

erfolgt. Darin bedeutet

d: Laufweite in mm,

δ : Luftgewicht in kg/cbm,

p: Geschosßgewicht in g,

λ : Stetigkeitswert der Längachse
des Geschosses.

A. Ä l t e r e

Lauf- weite mm	Seelen- quer- schnitt qcm	Lauf- länge mm	Patronen- länge mm	Geschoss- länge mm	Geschoss- weg (l) im Lauf mm	Geschoss- gewicht kg
						1. Deutsches
7,9	0,490	740	82,50	31,3	0,6888	0,0147
						2. Spanisches
7,0	0,385	738	78,00	30,8	0,6908	0,0112
						3. Niederländisches
6,5	0,332	790 {	77,63	31,4	0,7438	0,01005
			81,63 ³⁾	31,4	0,7398 ³⁾	0,01005
						4 Rumänisches
6,5	0,332	725 {	77,50	31,4	0,6789	0,0103
			77,50	31,4	0,6789	0,0103
			81,50 ³⁾	31,4	0,6749 ³⁾	0,0103
						5. Italienisches
6,5	0,332	780	76,00	30,0	0,7340	0,01045

¹⁾ 1 at = 1,033 . . . kg auf das qcm gerechnet.

²⁾ Höchste Messung: 3580 at. Niedrigste Messung: 3150 at.

³⁾ Patrone mit vergrößertem Hülsenraum; Hülse um 4 mm verlängert

⁴⁾ Versuche in Jessen am 18. und 20. Februar 1893.

18. Februar.*)

v_{25}
m
700
720
710
705
710
710
713
700
700
700

Mittel: 706,8 $\pm \frac{13,2}{6,8}$ m

20. Februar.**)

v_{25}
m
703
701
706
715
717

Mittel: 708,4 $\pm \frac{8,6}{7,4}$ m

Mittelwert des Gasdrucks (an beiden Tagen): 2733 at.

(Bericht des Königl. rumänischen Leutnants Miclescu.)

V e r s u c h e.

Querdichte (d) des Geschosses kg auf 1 qcm	Geschossgeschwindigkeit auf 25 m vor der Mündung (v_{25}) m	an der Mündung (v_0) m	Mittlerer Gasdruck (P) at ¹)	Höchster Gasdruck (P ¹) at ¹)	P : P ¹ = 1:
Gewehr 88.					
0,0300	630	650	1012	2800	2,77
Gewehr m/93.					
0,0291	707	731	1234	3407 ²⁾	2,76
Gewehr m 93.					
0,0303	710	734	1207	3200	2,65
0,0303	710	734	1212	2900	2,39
Gewehr m/93.					
0,03104	708 ⁴⁾	731	1336	2733	2,05
0,03104	706	728	1325	2985 ⁶⁾	2,25
0,03104	715 ⁵⁾	738	1361	3200 ⁷⁾	2,35
Gewehr m/91.					
0,0315	684 ⁸⁾	707	1180	3275 ⁸⁾	2,78

*) Barometer: 754 mm.
 Thermometer: 3° C.
 Hygrometer: 90 %.
 Witterung: trübe mit Niederschlägen.

**) Barometer: 760 mm.
 Thermometer: 7° C.
 Hygrometer: 100 %.

⁵⁾ Vorführung bei der Königl. Gewehr-Prüfungs-Kommission zu Spandau im November 1895.

⁶⁾ Höchste Messung: 3350 at. Niedrigste Messung: 2800 at.

⁷⁾ Höchste Messung: 3575 at. Niedrigste Messung: 2600.

⁸⁾ Versuch in Jessen am 17. April 1896.

Barometer: 771 mm.
 Thermometer: + 12° C.
 Hygrometer: 45 %.

v_{25} m	P ¹ kg/qcm
685	3500
689	3500
680	3150
Mittel: 684 $\pm \frac{5}{4}$ m	Mittel: 3383 $\pm \frac{117}{233}$ kg („ 3275 at).

* B. Neuere Versuche.

(Soweit nicht in einzelnen Fällen andre Angaben gemacht sind, wurden alle Versuche in Jessen mit dem Flugzeitmesser von Doignon*) und dem sogen. französischen Gasdruckmesser**) vorgenommen; sie sind im allgemeinen nach der Reihenfolge ihrer Ausführung geordnet.

Höhe des Schießstandes in Jessen über Normalnull: 81 m.

a. 5,5 mm Gewehr.***)

Laufweite (zwischen den Feldern)	5,5 mm
Seelenquerschnitt	0,238 qcm
Lauflänge	765 mm
Patronenlänge	79 „
Geschoßlänge	{ 30,7 „ 28,7 „
Geschoßweg (l) im Lauf.	{ 0,7167 m 0,7147 „
Geschoßgewicht	{ 0,00710 kg 0,00672 „
Querdichte (d) des Geschosses	{ 0,0298 kg/qcm 0,0282 „ „

*) Mißt, wie durch Vergleichsversuche festgestellt worden ist, unter gleichen Bedingungen mehrere (bis zu 20) Meter weniger als die ursprüngliche Konstruktion des Instruments von L. Boulengé.

**) Arbeitet mit einem Stempel von 4,3 mm Durchmesser, sowie mit Kupfereylindern von 3,2 mm Durchmesser und 1600 at Vorpressung; er giebt erfahrungsmäßig höhere Messungen, soll aber auch größere Unterschiede liefern als der deutsche Gasdruckmesser. — Die Geschwindigkeiten wurden stets aus einer andern als der mit Gasdruckmesser versehenen Waffe (Gewehr bzw. Pistole) erschossen.

***) In der Gewehrfabrik von V. Chr. Schilling zu Suhl gefertigt.

Erster Versuch.

2. Juli 1896.

Barometer: 762 mm

Thermometer: + 20° C.

Hygrometer: 40 %

Witterung: heiter

Windstärke: 1

Ladung = 2,9 g.

Geschossgewicht = 7,10 g ¹⁾		Geschossgewicht = 6,72 g ²⁾	
V ₂₅ m	P ¹ kg/qcm	V ₂₅ m	P ¹ kg/qcm
810	4455	825	3630
820	3750	815	3710
815	4015	821	3650
820	—	820	—
840	—	839	—
826	—	811	—
815	—	813	—
Mittel: 821 $\begin{smallmatrix} + 19 \\ - 11 \end{smallmatrix}$ m	4073 $\begin{smallmatrix} + 382 \\ - 323 \end{smallmatrix}$ kg	821 $\begin{smallmatrix} + 18 \\ - 10 \end{smallmatrix}$ m	3663 $\begin{smallmatrix} + 47 \\ - 33 \end{smallmatrix}$ kg
v ₀ = 850 m P = 1705 kg/qcm P : P ¹ = 1 : 2,39		v ₀ = 851 m P = 1615 kg/qcm P : P ¹ = 1 : 2,27.	

¹⁾ l = 0,7167 m
d = 0,0298 kg/qcm.

²⁾ l = 0,7147 m
d = 0,0282 kg/qcm.

Zweiter Versuch.

24. Oktober 1896.

Barometer: 763 mm
 Thermometer: $+ 6^{\circ}$ C.
 Hygrometer: 76 %
 Witterung: trübe: neblig.
 Windstärke: 0—1.

Patronenlänge:	80,8 mm (verlängerte Hülse)	} Alle an- dern Werte wie bei dem ersten Versuch.
Geschoßlänge:	30,03 mm	
Geschoßweg (l):	0,71423 m	
Geschoßgewicht:	0,0071 kg	
Querdichte (d):	0,0298 kg/qcm	
Ladung:	3,09 g	

V ₂₅		Gasdruckreihe	
Erste Reihe	Zweite Reihe	Höhe der Staucheylinder nach dem Schuss	P ¹
m	m	mm ²)	kg/qcm
830 ¹⁾	826	2,25	4105
840	836	2,32	3990
830	835	2,52	3660
835	825	2,65	3450
837	840	2,58	3570
834	825	—	—
830	830	—	—
825	832	—	—
846	834	—	—
825	842	—	—
824	839	—	—
835	834	—	—
Mittel: 833 $\pm \frac{13}{9}$ m	833 $\pm \frac{9}{8}$ m	—	3755 $\pm \frac{350}{305}$ kg

$$v_0 = 863 \text{ m}$$

$$P = 1773 \text{ kg/qcm}$$

$$P : P^1 = 1 : 2,12.$$

¹⁾ Nach einem Anwärmer.

²⁾ Ursprüngliche Höhe aller Cylinder: 4,20 mm.

Dritter Versuch.

12. Dezember 1896.

Barometer: 767 mm

Thermometer: $+ 2^{\circ}$ C.

Hygrometer: 73 %

Witterung: bewölkt

Windstärke; 3

Ladung: 3,00 g

(Alle andern Werte wie bei dem zweiten Versuch.)

V ₂₅ m	Gasdruckreihe	
	Höhe der Stauchcylinder nach dem Schuss mm ¹⁾	P ¹ kg/qcm
Keine Messung	2,45	3900
828	2,47	3860
827	2,60	3575
829	2,62	3420
821	2,55	3575
831	—	—
835	—	—
824	—	—
819	—	—
834	—	—
Mittel: 827,6 $\begin{smallmatrix} + 7,4 \\ - 8,6 \end{smallmatrix}$ m	—	3666 $\begin{smallmatrix} + 234 \\ - 246 \end{smallmatrix}$ kg

$$v_0 = 858 \text{ m}$$

$$P = 1767 \text{ kg/qcm}$$

$$P : P^1 = 1 : 2,07$$

¹⁾ Ursprüngliche Höhe der Cylinder bei den drei ersten Schüssen: 4,00 mm, bei den zwei letzten: 3,95 mm.

Vierter Versuch.

12. Dezember 1896.

Atmosphärische Verhältnisse wie bei dem dritten Versuch.

Ladung: 2,95 g

Alle andern Werte wie bei dem zweiten und dritten Versuch.

V ₂₅ m	Gasdruckreihe	
	Höhe der Staucheylinder nach dem Schuss mm ¹⁾	P ¹ kg/qcm
825	2,95	2860
810	3,00	2800
815	3,15	2665
819	2,97	2895
809	2,75	3250
814	—	—
811	—	—
812	—	—
811	—	—
818	—	—
Mittel: 814,4 $\pm \begin{smallmatrix} 10,6 \\ 5,4 \end{smallmatrix}$ m	—	2894 $\pm \begin{smallmatrix} 356 \\ 229 \end{smallmatrix}$ kg

$$v_0 = 844 \text{ m}$$

$$P = 1695 \text{ kg/qcm}$$

$$P : P^1 = 1 : 1,71$$

¹⁾ Ursprüngliche Höhe der Cylinder bei den zwei ersten Schüssen:
3,95 mm, bei den drei letzten: 4,00 mm.

b. 7,63 mm Selbstlade-Pistole, System Mauser.

Laufweite (zwischen den Feldern):	7,63 mm
Seelenquerschnitt:	0,457 qcm
Lauflänge:	140 mm
Patronenlänge:	35 mm *)
Geschoßlänge:	13,8 mm
Geschoßweg (l):	0,1203
Geschoßgewicht:	0,0055 kg
Querdichte (d) des Geschosses: .	0,01204 kg/qcm

Erster Versuch.

12. Dezember 1896.

Barometer: 767 mm
 Thermometer: + 2° C.
 Hygrometer: 73 %
 Witterung: bewölkt
 Windstärke: 2
 Ladung: 0,7 g

V ₁₀ m	Gasdruckreihe	
	Höhe der Staucheylinder nach dem Schuss mm ²)	P ¹ kg/qcm
456,8 ¹)	3,63	2275
456,3	3,77	2125
452,0	3,53	2390
452,5	3,75	2150
455,7	3,44	2500
447,7	3,40	2545
446,1	3,59	2325
449,3	3,72	2185
455,7	3,56	2370
452,5	3,72	2185
Mittel: 452,5 $\begin{smallmatrix} + 4,3 \\ - 6,4 \end{smallmatrix}$ m	—	2305 $\begin{smallmatrix} + 240 \\ - 180 \end{smallmatrix}$ kg

$$v_0 = 465 \text{ m}$$

$$P = 1230 \text{ kg/qcm}$$

$$P : P^1 = 1 : 1,874$$

*) Die Patrone ragt aus der rückwärtigen Lauföffnung 1,5 mm hervor, was bei der Berechnung von l zu berücksichtigen ist.

¹) Nach einem Anwärmer.

²) Ursprüngliche Höhe aller Cylinder: 4,25 m.

Zweiter Versuch.

13. März 1897.

Barometer: 757 mm

Thermometer: $+ 11^{\circ}$ C.

Hygrometer: 60 %

Witterung: heiter

Windstärke: 2

Ladung: 0,55 g

(Alle andern Werte wie bei dem ersten Versuch.)

V ₁₀ m	Gasdruckreihe	
	Höhe der Staucheylinder nach dem Schuss mm ¹⁾	P ¹ kg/qcm
419,4	3 50	2085
411,0	3,64	1900
414,5	3,50	2085
410,6	3,69	1835
411,4	3,75	1710
419,9	—	—
409,3	—	—
422,6	—	—
414,9	—	—
416,3	—	—
Mittel: 415 $\begin{smallmatrix} + 7,6 \\ - 5,7 \end{smallmatrix}$ m	—	1923 $\begin{smallmatrix} + 162 \\ - 213 \end{smallmatrix}$ kg

$$v_0 = 425 \text{ m}$$

$$P = 1030 \text{ kg/qcm}$$

$$P : P^1 = 1 : 1,867$$

¹⁾ Ursprüngliche Höhe aller Cylinder: 3,90 mm.

Als unmittelbarer Vergleichsmaßstab für die aus der 7,63 mm Pistole mit Plastomenit erschossenen Ergebnisse folgt hierunter ein mit derselben Waffe, aber mit rauchschwachem Pistolenpulver von Wolff u. Co. (Walsrode) ebenfalls in Jessen und unter ganz denselben Bedingungen ausgeführter Schießversuch:

5. Dezember 1896.

Barometer: 760 mm

Thermometer: — 1° C.

Hygrometer: 59 %

Witterung: heiter

Windstärke: 4.

Ladung: 0,5 g Wolffsches Pistolenpulver.

(Alle andern Werte wie bei den vorhergehenden Versuchen.)

V ₁₀ m	Gasdruckreihe	
	Höhe der Staucheylinder nach dem Schuss mm ²)	P ¹ kg/qcm
410,6 ¹⁾	3,65	2265
412,7	3,70	2210
423,5	3,65	2265
411,4	3,80	2095
405,4	3,75	2150
411,4	3,83	2060
419,9	3,65	2265
411,9	3,88	2005
419,4	3,71	2195
414,5	—	—
Mittel: 414,1 $\begin{smallmatrix} + 9,4 \\ - 8,7 \end{smallmatrix}$ m	—	2168 $\begin{smallmatrix} + 97 \\ - 163 \end{smallmatrix}$ kg

$$v_0 = 425 \text{ m}$$

$$P = 1030 \text{ kg/qcm}$$

$$P : P^1 = 1 : 2,105$$

¹⁾ Nach zwei Anwärmern.

²⁾ Ursprüngliche Höhe aller Cylinder: 4,25 mm.

c. Chilenisches 7 mm Gewehr m/95.

Laufweite (zwischen den Feldern)	7,0	mm
Seelenquerschnitt	0,385	qcm
Lauflänge	738	mm
Patronenlänge	77,5	mm
Geschoßlänge	30,8	mm
Geschoßweg (l)	0,6913	m
Geschoßgewicht	0,0112	kg
Querdichte (d)	0,0291	kg/qcm

Zweck der Versuche: Vergleichende Prüfung von drei Arten Patronenhülsen, die aus verschiedenen Fabriken stammten und verschiedene Härte besaßen.

Erster Versuch.

13. März 1897.

Barometer: 757 mm

Thermometer: + 11° C.

Hygrometer: 60 %

Witterung: heiter

Windstärke: 2

Ladung: 2,90 g

Harte Hülsen.

V ₂₅ m	Gasdruckreihe	
	Höhe der Staucheylinder nach dem Schuss mm ¹⁾	P ¹ kg/qcm
680	2,74	3070
683	2,78	3020
682	2,92	2835
685	2,79	3005
687	—	—
685	—	—
680	—	—
690	—	—
682	—	—
680	—	—
Mittel: 683,4 $\pm 6,6$ — 3,4 m	—	2983 ± 87 — 48 kg

$$v_0 = 706 \text{ m}$$

$$P = 1196 \text{ kg/qcm}$$

$$P : P^1 = 1 : 2,50$$

¹⁾ Ursprüngliche Höhe aller Cylinder: 3,90 mm.

Zweiter Versuch.

13. März 1897.

Atmosphärische Verhältnisse wie bei dem ersten Versuch.

Ladung: 2,85 g*)

Mittelharte Hülsen.

Alle andern Werte wie bei dem ersten Versuch.

V ₂₅ m	Gasdruckreihe	
	Höhe der Stauchcylinder nach dem Schuss mm ¹⁾	P ¹ kg/qcm
673	2,81	2980
674	2,53	3515
673	2,71	3120
685	2,64	3260
683	2,48	3620
678	—	—
682	—	—
677	—	—
684	—	—
681	—	—
Mittel: 672,0 $\pm \frac{6}{6}$ m	—	3279 $\pm \frac{341}{299}$ kg

$$v_0 = 702 \text{ m}$$

$$P = 1183 \text{ kg/qcm}$$

$$P : P^1 = 1 : 2,77$$

*) Die Ladung wurde um 0,05 g kleiner gewählt, weil die mittelhartten Hülsen eine kräftigere Zündung enthielten als die beiden andern Arten.

¹⁾ Ursprüngliche Höhe aller Cylinder: 3,90 mm.

Dritter Versuch.

13. März 1897.

Atmosphärische Verhältnisse wie bei dem ersten Versuch.

Weiche Hülsen.

Alle andern Werte (auch die Ladung) wie bei dem ersten Versuch.

V ₂₅ m	Gasdruckreihe	
	Höhe der Staucheylinder nach dem Schuss mm ¹⁾	P ¹ kg/qcm
675	3,18	2500
653	3,09	2615
660	3,47	2120
656	3,03	2695
673	3,12	2575
660	—	—
665	—	—
670	—	—
676	—	—
676	—	—
Mittel: 666,4 ^{+9,6} _{-13,4} m	—	2501 ⁺¹⁹⁴ ₋₃₈₁ kg

$$v_0 = 690 \text{ m}$$

$$P = 1143 \text{ kg/qcm}$$

$$P : P^1 = 1 : 2,19$$

¹⁾ Ursprüngliche Höhe aller Staucheylinder: 3,90 mm.

Bemerkungen

zu der Hülsenprobe im chilenischen Gewehr m/95.

1. Nach den chilenischen Abnahme-Bedingungen für Pulver- bzw. Patronenlieferungen soll das Geschöß $v_{25} = 700$ m ($v_0 = 724$ m) bei höchstens 20 m Streuung und 3500 at Druck erhalten.*)

Für $v_0 = 724$ m ergibt sich aus den oben genannten Werten von Lauf, Patrone und Geschöß

$$P = 1258 \text{ kg/qcm.}$$

Setzt man die Atmosphäre nicht $= 1,03 \dots$, sondern nur $= 1,0$ kg/qcm,**) so erhält man:

$$P : P^1 = 1258 : 3500 = 1 : 2,78,$$

also fast genau dasselbe Verhältnis, wie es bei dem zweiten Versuch am 13. März 1897 mit den mittelharten Hülsen erschossen wurde, welche von den drei geprüften Arten die am wenigsten günstige Verwertung lieferten.

Es liegt auf der Hand, daß mit den harten Hülsen, die bei $v_{25} = 683,4$ m das Verhältnis $P : P^1 = 1 : 2,50$ ergaben, durch eine geringfügige Steigerung der Ladung ebenfalls $v_{25} = 700$ m erreicht werden kann, ohne daß der Druck bis zu 3500 at wächst und ohne daß also das immerhin sehr unvorteilhafte Verhältnis von $P : P^1 = 1 : 2,78$ mit in den Kauf genommen werden muß.

Das Gleiche gilt von den weichen Hülsen, welche bei $v_{25} = 666,4$ und $P^1 = 2501$ kg das Verhältnis von $P : P^1$ bis auf $1 : 2,19$ herabdrückten.

2. Als unmittelbarer Vergleichsmaßstab für die am 13. März 1897 mit den weichen Hülsen erzielten Ergebnisse kann ein Schießversuch dienen, der mit chilenischen Originalpatronen ausgeführt wurde:

*) Bezogen auf

Barometer: 722,5 mm

Thermometer: $+ 6^0$ C.

Hygrometer: 57 %

**) Dies geschieht neuerdings häufig und erscheint auch der Einfachheit wegen um so mehr berechtigt, als die wirkliche Druckgröße der Atmosphäre bekanntlich mannigfachen und nicht unbedeutenden Schwankungen unterworfen ist.

7. Januar 1897.

Barometer: 776 mm

Thermometer: — 4° C.

Hygrometer: 77 %

Witterung: bedeckt.

Windstärke: 3

Ladung: 2,45 g rauchschwaches Pulver.

Weiche Hülsen. *)

Alle andern Werte wie bei den Versuchen am 13. März.

$v_{25}^{1)}$ m	Gasdruckreihe	
	Höhe der Staucheylinder nach dem Schuß mm ³⁾	P ¹ kg/qcm
658 ²⁾	3,28	2625
656	3,22	2690
674	3,27	2630
664	3,34	2555
663	3,12	2805
672	—	—
668	—	—
664	—	—
653	—	—
660	—	—
Mittel: 663,2 $\pm$ 10,8 — 10,2 m	—	2661 $\pm$ 144 — 106 kg

$$v_0 = 686 \text{ m}$$

$$P = 1129 \text{ kg/qcm}$$

$$P : P^1 = 1 : 2,36$$

(gegen 1 : 2,19 bei den mit Plastomenit geladenen weichen Hülsen, die am 13. März beschossen wurden).

An demselben Versuchstage (7. Januar) erhielt man aus dem chilenischen 7 mm Gewehr m/95 mit der Ladung von 2,95 g Plastomenit und harten Hülsen $v_{25} = 686,4 \text{ m}$ (Mittel aus 10 Schuß) und $P^1 = 2650 \text{ kg/qcm}$ (Mittel aus 5 Schuß).

Für $v_0 = 710 \text{ m}$ ergibt sich $P = 1210 \text{ kg/qcm}$ und sonach $P : P^1 = 1 : 2,19$.

*) Von derselben Herkunft wie die am 13. März beschossenen weichen Hülsen.

¹⁾ Fünf Hülsen in der Schweifung gerissen.

²⁾ Nach einem Anwärmer.

³⁾ Ursprüngliche Höhe aller Cylinder: 4,20 mm.

Vierter Versuch.

Zweck: Vorprüfung einer für die chilenische Heeresverwaltung bestimmten Patronenlieferung.

Ort und Tag: Maifritzdorf bei Reichenstein (Schlesien), den 13. Mai 1897.

Höhe des Schießstandes über Normalnull: 388 m

Witterungsverhältnisse: Barometer: 731 mm

Thermometer: $+ 6^{\circ}$ C.

Hygrometer: 72 %

Witterung: trübe

Windstärke: 0.

Flugzeitmesser: System Le Boulengé, von Siemens & Halske in Berlin gefertigt

Schießbedarf: Patronenlänge: 77,8 bis 78,0 mm

Geschoßweg (l): 0,6908 m

Geschoßgewicht: 11,20 bis 11,23 g

Ladung: 2,95 g 7 mm Plastomenit

(Patronenhülsen und Geschosse von den Deutschen Waffen- und Munitionsfabriken in Berlin).

Alle andern Werte wie bei dem ersten Versuch.

v_{25} m	Gasdruckreihe	
	Höhe der Stauchcylinder nach dem Schuß ²⁾ mm	P^1 kg/qcm
709,8 ¹⁾	3,12	2700
718,8	2,87	3035
703,8	2,85	3065
708,9	3,02	2840
714,0	2,91	2990
715,5	—	—
702,0	—	—
703,8	—	—
698,9	—	—
702,0	—	—
Mittel: 707,8 $\pm 11,0$ $- 8,9$ m	—	2926 ± 139 $- 226$ kg

$$v_0 = 732 \text{ m}$$

$$P = 1286 \text{ kg/qcm}$$

$$P : P^1 = 1 : 2,28$$

¹⁾ Nach einem Anwärmer, der $v_{25} = 702,0$ m ergab.

²⁾ Ursprüngliche Höhe aller Stauchcylinder: 4,0 mm.

Bemerkungen zur Vorprüfung der Patronenlieferung für Chile.

1. Die Abnahme-Bedingungen der chilenischen Heeresverwaltung besagten, wie schon vorhin (S. 53) erwähnt, daß das Mittel der v_{25} mindestens 700 m betragen solle bei einer größten Streuung von 20 m und einem Gasdruck von höchstens 3500 at; hinsichtlich der Witterungs-Verhältnisse war dabei vorausgesetzt:

Barometer: 722,5 mm*)

Thermometer: + 6° C.

Hygrometer: 57 %

Die Plastomenit-Patronen entsprachen diesen Bedingungen vollkommen, einigen sogar sehr reichlich, obwohl Luftdruck und Feuchtigkeitsgehalt der Luft noch ein wenig größer als vorgesehen waren. Das Mittel der v_{25} stellte sich um 7,8 m höher als verlangt; die Streuung lag in den gestatteten Grenzen, und der Gasdruck betrug, wenn man 1 Atmosphäre = 1,033 . . . kg/qcm rechnet, $3500 - \frac{2926}{1,033} = 3500 - 2833 = 667 \text{ at} = 19 \% \text{ weniger als zulässig.}$

2. Der Wert des Verhältnisses $P : P^1 = 1 : 2,28$ stellte sich höher als bei irgend einem der vorher besprochenen Versuche mit Plastomenit, wenn man, wie dies offenbar geschehen muß, von den durch besondere Verhältnisse (verschiedene Härte der Hülsen) merklich beeinflussten Ergebnissen (unter c, erster und zweiter Versuch) absieht.

Die weniger vorteilhafte Verwertung des Plastomenits in diesem Falle erklärt sich indes einfach daraus, daß die gegebenen Abmessungen der chilenischen 7 mm Patrone für 2,95 g Ladung eine zu große Hülsenfüllung bedingten, welche notwendig eine erhebliche Steigerung des Gasdrucks im Verhältnis zur geleisteten Arbeit herbeiführen mußte.

Nach allen sonstigen neueren Erfahrungen mit Plastomenit kann es keinem Zweifel unterliegen, daß man durch eine geringfügige Vergrößerung des Pulverraums der Hülse im Verein mit einer unbedeutenden Erhöhung des Ladungsgewichts die erreichte Geschossgeschwindigkeit und -arbeit mit einem wesentlich niedrigeren Gasdruck erzielen und so höchstens ein Verhältnis von $P : P_1 = 1 : 2,0$ erhalten würde. (Vgl. a. im Abschnitt V unter 2 und 3.)

*) Um diesen Barometerstand wenigstens annähernd zu erzielen, wurde der Versuch in Reichenstein-Maifritzdorf ausgeführt, weil in Jessen — bei nur 81 m Höhe des Schießstandes über Normalnull — ein so geringer Luftdruck überhaupt nicht vorkommt.

d. Rumänisches 6,5 mm Gewehr m/93.

Laufweite (zwischen den Feldern)	6,5	mm
Seelenquerschnitt	0,332	qcm
Lauflänge	725	mm
Patronenlänge	81,5	„
Geschoßlänge	31,4	„
Geschoßweg (l)	0,6749	m
Geschoßgewicht	0,0104	kg
Querdichte (d)	0,0313	kg/qcm

Zweck der Versuche: Ermittlung des Einflusses

1. der Patronen- bzw. Pulverwärme,
 2. der Pulverfeuchtigkeit
- auf Leistung und Gasdruck.

I. Einfluss der Patronenwärme.

Erster Versuch.

21. November 1896.

Barometer: 770 mm

Thermometer: $+ 5^{\circ}$ C.

Hygrometer: 75 %

Witterung: trübe

Windstärke: 2

Ladung: 2,95 g

Patronenwärme: $\pm 0^{\circ}$ C.*)

V_{25} m	
690 ¹⁾	} Keine Gasdruck- messung.
681	
687	
688	
685	
686	
Mittel: 686 $\pm \frac{4}{5}$ m	

*) Da ein genügender Eisvorrat augenblicklich nicht verfügbar war, konnten die Patronen bei der herrschenden Luftwärme nicht unter 0° abgekühlt werden.

¹⁾ Nach einem Anwärmer.

Zweiter Versuch.

21. November 1896.

Atmosphärische Verhältnisse wie bei dem ersten Versuch.

Patronenwärme: $+ 16^{\circ}$ C.

Alle andern Werte wie bei dem ersten Versuch.

V_{25} m	
692	} Keine Gasdruck- messung.
685	
682	
687	
694	
694	
687	
Mittel: 689 $\pm \frac{5}{7}$ m	

Dritter Versuch.

21. November 1896.

Atmosphärische Verhältnisse wie bei dem ersten Versuch.

Patronenwärme: $+ 40^{\circ}$ C.

Alle andern Werte wie bei dem ersten Versuch.

V_{25} m	
698	} Keine Gasdruck- messung.
691	
691	
697	
692	
697	
Mittel: 694 $\pm \frac{4}{3}$ m	

Vierter Versuch.

17. Dezember 1896.

Barometer: 760 mm

Thermometer: — 6° C.

Hygrometer: 76 %

Witterung: klar

Windstärke: 1

Ladung: 2,87 g

Patronenwärme: — 10° C.

Alle andern Werte wie bei dem ersten Versuch.

V_{25} m	P^1 kg/qcm
660	2675
662	2690
665	2700
670	2550
673	2825
675	—
676	—
675	—
673	—
674	—
Mittel: 670,3 $\pm \begin{smallmatrix} 5,7 \\ -10,3 \end{smallmatrix}$ m	2688 $\pm \begin{smallmatrix} 137 \\ -138 \end{smallmatrix}$ kg

$$v_0 = 694 \text{ m}$$

$$P = 1272 \text{ kg/qcm}$$

$$P : P^1 = 1 : 2,11$$

— . —

Fünfter Versuch.

17. Dezember 1896.

Patronenwärme: $+ 15^{\circ}$ C.

Atmosphärische Verhältnisse und alle andern Werte wie bei dem vierten Versuch.

V_{25} m	P^1 kg/qcm
665	2875
666	2825
670	2875
671	2720
672	2350
682	—
680	—
684	—
685	—
686	—
Mittel: $676,1 \begin{smallmatrix} + 9,9 \\ - 11,1 \end{smallmatrix}$ m	2729 $\begin{smallmatrix} + 146 \\ - 379 \end{smallmatrix}$ kg

$$v_0 = 700 \text{ m}$$

$$P = 1294 \text{ kg/qcm}$$

$$P : P^1 = 1 : 2,12$$

Sechster Versuch.

17. Dezember 1896.

Patronenwärme: $+ 40^{\circ}$ C.

Atmosphärische Verhältnisse und alle andern Werte wie bei dem vierten und fünften Versuch.

V_{25} m	P^1 kg/qcm
671	3075
675	2700
682	2555
680	2950
683	3045
685	—
685	—
687	—
688	—
689	—
Mittel: $682,5 \begin{smallmatrix} + 6,5 \\ - 11,5 \end{smallmatrix}$ m	2864 $\begin{smallmatrix} + 211 \\ - 314 \end{smallmatrix}$ kg

$$v_0 = 707 \text{ m}$$

$$P = 1320 \text{ kg/qcm}$$

$$P : P^1 = 1 : 2,17$$

Aus diesen Versuchsergebnissen ist zu entnehmen, daß Arbeit und Gasdruck des Plastomenits selbst durch beträchtliche Unterschiede der Patronen- bzw. Pulverwärme nur in sehr geringem Maße beeinflußt werden.

Bei einer Zunahme der Wärme um 40 Grad (1.—3. Versuch) stieg v_{25} um 8 m, während ein Wärmezuwachs von 50 Grad (4.—6. Versuch) v_{25} um 12,2 m und P^1 um 176 kg/qcm hob.

Durchschnittlich entfällt also auf je einen Grad mehr oder weniger nur ein Unterschied von 0,23 m v_{25} und von 3,5 kg/qcm P^1 , und auch die durch 50 Grad Wärmeunterschied hervorgerufenen Abweichungen der Geschößgeschwindigkeit und des Gasdrucks liegen völlig in den Grenzen der natürlichen Streuungen.

2. Einfluss der Pulverfeuchtigkeit.

Erster Versuch.

5. Dezember 1896.

Barometer: 760 mm

Thermometer: — 1° C.

Hygrometer: 59 %

Witterung: heiter

Windstärke: 4

Ladung: 2,6 g*)

Feuchtigkeitsgehalt des Pulvers: 2,5 %.**)

Alle andern Werte wie bei den Versuchen unter 1.

V_{25} m	P^1 kg/qcm
570	unter 1600 ¹⁾
560	1710
565	unter 1600 ¹⁾
555	—
550	—
560	—
Mittel: 560 $\pm \frac{10}{-10}$ m	Höchste Messung: 1710 kg ²⁾

$$v_0 = 580 \text{ m}$$

$$P = 888 \text{ kg/qcm}$$

$$P : P^1 = 888 : 1637 = 1 : 1,84$$

*) Eine so kleine Ladung wurde absichtlich gewählt, um nicht durch den bei 0 Feuchtigkeit zu erwartenden hohen Druck die Widerstandsfähigkeit der Waffe zu gefährden.

**) Mehr als 2,5 % Wasser nahm das Pulver überhaupt nicht auf, obwohl es sieben Tage in einer mit Feuchtigkeit gesättigten Luft aufbewahrt worden war (vgl. a. unter III, 6, S. 24).

¹⁾ Da die benutzten Stauchcylinder (von 3,95 mm ursprünglicher Höhe) mit 1600 at vorgepreßt waren, konnten kleinere Druckgrößen nicht gemessen werden.

²⁾ Um keinesfalls zu niedrig zu greifen, wurde der Mittelwert des höchsten Gasdrucks $= \frac{1600 + 1710 + 1600}{3} = 1637 \text{ kg}$ gewählt.

Zweiter Versuch.

5. Dezember 1896.

Atmosphärische Verhältnisse wie bei dem ersten Versuch.

Feuchtigkeitsgehalt des Pulvers: 1,7 %.*)

Alle andern Werte wie bei dem ersten Versuch.

V_{25} m	P^1 kg/qcm
587	2100
583	1825
590	1700
594	—
586	—
580	—
Mittel: 587 $\pm \frac{7}{7}$ m	1875 $\pm \frac{225}{175}$ kg

$$v_0 = 607 \text{ m}$$

$$P = 973 \text{ kg/qcm}$$

$$P : P^1 = 1 : 1,93$$

Dritter Versuch.

5. Dezember 1896.

Atmosphärische Verhältnisse wie beim ersten Versuch.

Feuchtigkeitsgehalt des Pulvers: 0,85 %.

Alle andern Werte wie beim ersten Versuch.

V_{25} m	P^1 kg/qcm
668	3690
671	3145
667	3685
671	—
666	—
Mittel: 669 $\pm \frac{2}{3}$ m	3507 $\pm \frac{362}{183}$ kg

$$v_0 = 692 \text{ m}$$

$$P = 1264 \text{ kg/qcm}$$

$$P : P^1 = 1 : 2,77$$

*) Normaler Feuchtigkeitsgehalt des Plastomenits (vgl. unter III, 6, S. 24).

Vierter Versuch.

5. Dezember 1896.

Atmosphärische Verhältnisse wie beim ersten Versuch.

Feuchtigkeitsgehalt des Pulvers: 0.

Alle andern Werte wie beim ersten Versuch.

V_{25} m	P^1 kg/qcm
703	4180
695	4275
706	4260
707	—
703	—
704	—
Mittel: $703 \pm \frac{4}{8}$ m	$4238 \pm \frac{58}{37}$ kg

$$v_0 = 727 \text{ m}$$

$$P = 1395 \text{ kg/qcm}$$

$$P : P^1 = 1 : 3,04$$

Diese Ergebnisse lassen erkennen, daß die verschiedenen Feuchtigkeitsgrade des Plastomenits, sofern sie sich innerhalb der Grenzwerte des normalen und des höchstmöglichen Wassergehalts des Pulvers bewegen, auf dessen Leistung und Spannung keinen erheblichen Einfluß ausüben; dagegen wächst letzterer in bedeutendem Maße und führt insbesondere zu einer sehr ungünstigen Verschiebung des Verhältnisses zwischen Arbeit und Gasdruck, wenn der Wassergehalt beträchtlich unter das Normalmaß von 1,7 % sinkt. Diese Erscheinung entbehrt indes offenbar der

praktischen Bedeutung, weil die Möglichkeit, daß das Plastomenit während längerer Lagerung wesentlich an Feuchtigkeit verlieren könnte, als ausgeschlossen anzusehen sein dürfte; in luftdicht geschlossenen Behältern (Kasten, Tonnen, Metallkartuschen und -patronen) aufbewahrt, wird es eine nennenswerte Änderung seines Wassergehalts überhaupt nicht erleiden; in gewöhnlichen Drillichsäcken und Holztonnen gelagert, kann es auf die Dauer an Feuchtigkeit allenfalls um eine Kleinigkeit zunehmen, aber nicht in wesentlichem Maße einbüßen. Doch auch bei einer solchen Aufbewahrung unter andauernd ungünstigen Bedingungen wird sein Wassergehalt den normalen ($= 1,7\%$) erfahrungsmäßig noch nicht um $0,3\%$ übersteigen und daher keinesfalls 2% erreichen. Aus dem 1. und 2. Versuch ergibt sich, daß je $0,1\%$ Wasser über dem normalen Gehalt die v_{25} durchschnittlich um $(\frac{27}{8} =) 3,38$ m, oder um $0,57\%$ der mit $1,7\%$ Feuchtigkeit erschossenen v_{25} ($= 587$ m) herabsetzt.

Überträgt man dies Verhältnis beispielshalber auf eine Waffe, die mit Plastomenit von normalem Wassergehalt 800 m Mündungsgeschwindigkeit giebt, so würde sich letztere bei $1,9\%$ Feuchtigkeit um $2 \times 0,57 = 1,14\%$, also auf 791 m verringern, d. h. um einen Wert, der noch reichlich innerhalb der natürlichen Streuung liegt.

In den Grenzen, welche den Schwankungen des Feuchtigkeitsgehalts teils durch die eigenartige physikalische Beschaffenheit des Plastomenits selbst, teils durch die allgemein üblichen Bedingungen der Aufbewahrung von Schießmitteln gesteckt sind, ist daher unter keinen Umständen zu befürchten, daß die möglichen, höchst geringfügigen Änderungen des Wassergehalts eine irgend nennenswerte nachteilige Einwirkung auf die ballistischen Eigenschaften und Leistungen des Plastomenits ausüben könnten.

e. 6 mm Gewehr.*)

Laufweite (zwischen den Feldern)	6,0	mm
Seelenquerschnitt	0,283	qcm
Lauflänge	770	mm
Patronenlänge	78	mm
Geschoßlänge	31	mm
Geschoßweg (l)	0,723	m
Geschoßgewicht	0,0085	kg
Querdichte (d)	0,0301	kg/qcm

5. April 1897.

Barometer: 763 mm
 Thermometer: + 7° C.
 Hygrometer: 65 %
 Witterung: teils heiter, teils bewölkt;
 Niederschläge
 Windstärke: 2

Ladung: 3 g

V ₂₅ m	P ^{1 1)} kg/qcm
814	3400
810	3400
815	2875
815	—
820	—
821	—
820	—
819	—
821	—
815	—
Mittel: 817 $\pm \frac{4}{7}$ m	3225 $\pm \frac{175}{350}$ kg/qcm

$$v_0 = 845 \text{ m}$$

$$P = 1692 \text{ kg/qcm}$$

$$P : P^1 = 1 : 1,91$$

*) In der Gewehrfabrik von V. Chr. Schilling zu Suhl gefertigt.

¹⁾ Zur Ermittlung der Spannung wurde ein deutscher Gasdruckmesser benutzt, welcher mit Staucheylindern von 10,1 mm Durchmesser und 15,0 mm ursprünglicher Höhe (ohne Vorpressung) arbeitete; der Stempeldurchmesser betrug 7,0 mm an der Seele und 14,5 mm am Staucheylinder.

f. Deutsche Feldkanone c/73/91.

Seelenweite (zwischen den Feldern)	8,8 cm
Seelenquerschnitt	60,82 qcm
Rohrlänge	2100 mm
Abstand des Geschoßbodens (bei geladenem Geschütz) von der Bodenfläche des Rohrs	470 mm
Geschoßweg (l)	1,63 m

Erster Versuch.

2. September 1897.

Barometer: 763 mm
 Thermometer: + 30° C.
 Hygrometer: 64 %
 Witterung: heiter
 Windstärke: 4

Geschoßgewicht: 7,042 kg (Feldgranate c/82)
 Querdichte: 0,1158 kg; Ladung: 0,735 kg.
 Zwei Gasdruck- { Durchmesser des Stempels: 11,1 mm
 messer { Ursprüngliche Höhe der Stauchcylinder: 15,0 mm

V ₅₀	Gasdruckreihen			
	Höhe der Stauchcylinder nach dem Schuß		P ¹	
	1.	2.	1. Gasdruck- messer	2. Gasdruck- messer
	Gasdruckmesser mm	Gasdruckmesser mm	at	at
435 ¹⁾	14,30	14,28	1150 ¹⁾	1170 ¹⁾
429	14,35	14,40	1100	1040
433	14,38	14,32	1060	1130
431	14,40	14,38	1040	1060
430	14,43	14,43	1000	1000
438	14,29	14,29	1160	1160
438	14,30	14,28	1150	1170
437	14,31	14,32	1140	1130
426	14,44	14,47	980	950
438	14,27	14,27	1190	1190
Mittel: 433,5	+ 4,5 — 7,5 m		1097 + 93 — 117 at	1100 + 90 — 150 at
Gesamtmittel: 1099 + 91 — 149 at				

$$v_0 = 444 \text{ m}$$

$$P = 771 \text{ at}$$

$$P : P^1 = 1 : 1,43$$

¹⁾ Nach einem Ausflammer, der v₅₀ = 424 m und (bei 14,37 bzw. 14,40 mm Höhe der Stauchcylinder) P¹ = 1075 bzw. 1040 at ergab.

Zweiter Versuch.

14. September 1897.

Barometer: 776 mm

Thermometer: + 18° C.

Hygrometer: 65 %

Witterung: bewölkt

Windstärke: 1

Geschoßgewicht: 7,5 kg*); Querdichte: 0,1234 kg;

Ladung: 0,750 kg

V ₅₀	Gasdruckreihen			
	Höhe der Staucheylinder nach dem Schuß		P ¹	
	1. Gasdruckmesser	2.	1. Gasdruck- messer	2. Gasdruck- messer
m	mm	mm	at	at
429 ¹⁾	14,20	14,26	1260 ¹⁾	1200 ¹⁾
428	14,23	14,25	1230	1210
427	14,30	14,32	1150	1130
430	14,26	14,28	1200	1170
435	14,10	14,18	1360	1280
439	14,08	14,10	1380	1360
429	14,23	14,27	1230	1190
432	14,03	14,06	1430	1400
436	14,11	14,17	1350	1290
428	14,25	14,29	1210	1160
Mittel: 431,3	+ 7,7 — 4,3	m	1280 + 150 — 130	at 1239 + 161 — 109
Gesamtmittel: 1260 + 170 — 130 at				

$$v_0 = 441 \text{ m}$$

$$P = 810 \text{ at}$$

$$P : P^1 = 1 : 1,56$$

*) Gewicht des Feldschrapnels c/91 und der Sprenggranate.

¹⁾ Nach einem Ausflammer, der v₅₀ = 430 m und (bei 14,21 bzw. 14,25 mm Höhe der Staucheylinder) P¹ = 1250 bzw. 1210 at ergab.

Dritter Versuch.

Manöverschüsse.

2. und 14. September 1897.

Atmosphärische Verhältnisse wie beim ersten, bezw. zweiten Versuch.

Ladung: 130 g; fünf verschiedene Vorlagen:

Vorlage 1: Gewicht = 300 g; Filzstücke und Sägespäne	}	in Papphülle und Kartuschbeutel.
„ 2: Gewicht = 160 g; Watte und Sägespäne.		
„ 3: Gewicht = 270 g; Häcksel und Sägespäne		
„ 4: Gewicht = 340 g; vierkantiger Holzdraht: die Stäbchen von 2—4 mm Stärke und 140 mm Länge durch 3 geleimte Bind- fadenbunde zu einem Bündel vereinigt	}	in den Kartusch- beutel hinten eine, vorn zwei paraffi- nierte kreisrunde Pappscheiben von 3—4 mm Stärke und 94 mm Durchmesser eingelegt.
„ 5: Gewicht = 340 g; Häcksel und Sägespäne in Papphülle.		

Die Fangscheibe aus Cellulosepapier mit Holzrahmen und Fußgestell stand 20 m vor der Mündung; ein Versuch, sie (bei je 2 Schuß mit Vorlage 1 und 2) auf 10 m heranzurücken, mißlang, weil die Scheibe jedesmal beim zweiten Schuß durch den Luftdruck umgeblasen wurde, während sie nur ganz leichte Spritzer (keine Durchschläge) zeigte.

Versuchs- tag	2. September 1897			14. September 1897	
Vorlage	1	2	3	4	5
Schuß- zahl	10	4	10	12	12
Feuer- er- scheinung	Sehr unbedeutend			Bei allen Schüssen größer und sichtbarer als mit Vorlage 5; bei 3 Schuß über 1 m lange Feuerstrahlen	Sehr unbedeutend
Rauch- erschei- nung	Sehr gering; durchsichtig; zerteilte sich rasch				
Knall	Laut und scharf	Merklich matter als mit Vorlage 1 und 3	Laut und scharf	Merklich matter als mit Vorlage 5	Laut und scharf
Zerstäu- bung	In der Fangscheibe (auf 20 m) kein Durchschlag, auch keine Spur eines Anschlags			Je zwei leichte Anschläge an der Fangscheibe. Äußerste Grenze der Streuungszone: 30 m 25 m vor der Mündung	

Bemerkung: Nach je 11 scharfen Schüssen, sowie nach je 24 Manöverschüssen zeigte sich in der Rohrseele und an der Liderungsplatte nur ein ganz geringfügiger und sehr lockerer Rückstand.

V. Kritische Betrachtungen.

I. Schiesswoll- und Nitroglycerinpulver.

Alle seither zur Einführung gelangten rauchschwachen Pulver lassen sich bekanntlich (mit vereinzelten Ausnahmen) in zwei Hauptklassen einreihen, die man kurz als Schießwollpulver und als Nitroglycerinpulver bezeichnen kann, je nachdem zum Lösen der Nitrocellulose flüchtige Mittel wie Essigäther, Aceton, Amylacetat u. a. oder „nicht unzersetzt siedende“ Stoffe (Sprengöl) verwendet werden. *)

a. Schiesswollpulver.

Sie bestehen aus Schießwolle, welche durch Behandlung mit Essigäther**) oder Aceton***) in eine gallertartige Masse verwandelt wird und der häufig noch Kampfer, Barium- oder Ammoniumnitrat, Nitrobenzol und andre Stoffe zugesetzt werden, teils um die Härte oder die Entzündlichkeit des Pulvers zu steigern, teils um die Heftigkeit seiner Kraftäußerung abzu- schwächen.

Schießwollpulver sind im Deutschen Reich, in Österreich-Ungarn, Frankreich, Rußland u. a. eingeführt worden.

Ihre ballistische Leistung ist an sich im allgemeinen ziemlich befriedigend; aber sie enthalten Bestandteile, die im Laufe der Zeit allmählich entweichen und dadurch eine Änderung sowohl der Zusammensetzung wie auch der Leistung des Pulvers herbeiführen.

Die durch Schießversuche festgelegte Thatsache, daß ein allgemein als gut und brauchbar anerkanntes Schießwollpulver nach mehr- jähriger Lagerung eine Abnahme der Mündungsgeschwindigkeit um 50 bis 80 m (in einem 8 mm Gewehr) ergab, ist in dieser Beziehung als hinlänglich charakteristisch anzusehen.

Von dem zum Gelatinieren der Schießwolle verwendeten Essigäther bleibt ein Teil auch im fertigen Pulver zurück (daher

*) Vgl. Professor Dr. Häussermann, Sprengstoffe und Zündwaren (Stuttgart 1894) S. 29/30.

**) Äthylacetat = $\left. \begin{array}{l} \text{C}_2\text{H}_5\text{O} \\ \text{C}_2\text{H}_5 \end{array} \right\} \text{O}$

***) $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$; Dichte = rund 0,8.

dessen eigentümlicher Ananasduft); mit der Zeit wird er jedoch ausgeschieden und verflüchtigt sich. *)

Ähnliches gilt von dem mitunter beigemengten Kampfer. **) Die vor einigen Jahren in Österreich-Ungarn ausgeführten Versuche mit Kartuschhüllen von Celluloid scheiterten hauptsächlich an der Unbeständigkeit des Kampfers. Das in Blättern von 0,2 mm Stärke zu den Kartuschhüllen verarbeitete Celluloid erwies sich nicht als dauernd wasserdicht, verlor nach und nach an Kampfergehalt, wurde dadurch spröde und rissig und verbrannte beim Schuß nicht vollständig. ***)

Das im Jahre 1892 von der österreichisch-ungarischen Artillerie als Geschützladung versuchte Schießwollpulver war in cylindrischen Körnern von 0,8 mm Durchmesser und etwa 1 mm Höhe hergestellt. Mit 0,62 kg dieses Pulvers erhielt man in der 9 cm Feldkanone c/75 mit 6,36 kg Geschossgewicht 450 m Mündungsgeschwindigkeit, d. h. ungefähr ebenso viel wie mit 1,5 kg des Steiner 7 mm Geschützpulvers (Schwarzpulver), während der Gasdruck bei ersterem nur 1100, bei letzterem hingegen 1500 at betrug. Ein im Herbst 1892 ausgeführter Truppenversuch bestätigte lediglich das günstige Verhalten des neuen Schießwollpulvers. Trotzdem nötigte seine zu große Empfindlichkeit gegen Feuchtigkeit, auf die Einführung zu verzichten. Allerdings nahm es selbst bei längerer Lagerung in feuchter Luft wenig mehr als 2 % Feuchtigkeit auf; aber schon ein weit geringerer Wassergehalt bewirkte ein beträchtliches Sinken der Mündungsgeschwindigkeit und ergab Nachbrenner und Versager. Überdies kam es häufig vor, daß beim Öffnen des Verschlusses nach dem Schuß eine kurze Flamme aus der hintern Rohröffnung oder (je nach der herrschenden Windrichtung) aus der Mündung herausschlug. Dies sog. Nachflammen, die Folge einer unvollkommenen Verbrennung der Ladung in der Seele, machte sich namentlich bei feucht gewordenem Pulver bemerkbar. Versuche, die Kartuschbeutel mittels Kautschuk, Harzlösung u. a. m. wasserdicht herzustellen, wurden nicht von dem erwünschten Er-

*) v. Romocki in „Geschichte der Explosivstoffe“, Teil II, S. 312, führt an, daß man in manchen Pulvern nach dem „Trocknen“ noch mehrere Prozent Äther nachweisen könne.

**) Laurineenkampfer = $C_{10}H_{16}O$; Borneokampfer = $C_{10}H_{18}O$.

***) Mitteilungen über Gegenstände des Artillerie- und Genie-Wesens, 1892, S. 790/1.

folg gekrönt. Man ging daher von dem Schießwollpulver, welches endgültig aufgegeben wurde, zum Nitroglycerinpulver über.*)

Eine nicht unbedenkliche Erscheinung ist auch neuerdings bei Versuchen des russischen Artillerie-Komitees hervorgetreten:

Man fand, daß Schießwolle bei rascher Steigerung der Wärme sich zwischen 130 und 150 ° R. (= 162,5 bzw. 187,5 ° C.) entzündet und daß sie, 10 Stunden einer Wärme von 90 ° R. (= 112,5 ° C.) ausgesetzt, explodieren könne; 65 ° R. (= 81,25 ° C.) wurden nach 6—7 Wochen, 45 ° R. (= 56,25 ° C.) nach einer schwankenden Zeitdauer gefährlich; dagegen ist bei 25 ° R. (= 31,25 ° C.) selbst nach Verlauf einer beträchtlichen Zeit kein Fall von Selbstentzündung beobachtet worden.

Da man nun in dem Staub, welcher bei der Handhabung des rauchschwachen Pulvers und der damit gefüllten Kartuschen entsteht, Teilchen von nicht gelatinierter Schießwolle gefunden hat,**) so empfiehlt das Artillerie-Komitee, in allen Räumen, wo rauchschwaches Pulver und Kartuschen aufbewahrt werden, Vorkehrungen zu treffen, daß die Wärme niemals über 25 ° R. steigen kann.***)

b. Nitroglycerinpulver.

Sie bilden ein Gemenge aus Kollodium- oder Schießwolle und Sprengöl (Nitroglycerin), dem in der Regel noch einige träge Stoffe, wie Anilin, Essigäther, Vaseline u. s. w. hinzugefügt werden,†) Beimengungen, die indes geeignet erscheinen, das Ergebnis der Jodprobe zu verschleiern oder gänzlich zu vereiteln (vgl. S. 28/29 und Anlage 2 unter II).

Sie sind im Deutschen Reich (Würfelpulver), Italien

*) Vgl. „Organ der militärwissenschaftlichen Vereine“, 1894, Band 48, S. 233—252: Langer, Die Geschützpulver-Frage.

**) Ob diese Thatsache nur für das russische, oder für alle Schießwollpulver überhaupt gilt, läßt sich noch nicht übersehen.

***) Revue d'artillerie, 1897, Bd. 50, S. 327, nach Raswiedschik Nr. 329.

†) Anilin (Amidobenzol, Phenylamin = $C_6H_5 \cdot NH_2$) angeblich zur Beförderung der chemischen Beständigkeit, obgleich es in Wirklichkeit wohl nur zum Verdecken der Jodprobe dienen kann; Essigäther zum Gelatinieren der Schießwolle; Vaseline zur Ermäßigung des Gasdrucks.

Essigäther und Vaseline kommen z. B. im Cordit vor, das im übrigen 37 % Schießwolle und 58 % Nitroglycerin enthält, während zu den andern Nitroglycerinpulvern in der Regel nicht Schieß-, sondern Kollodiumwolle verwendet wird.

(Ballistit und Filit), Österreich-Ungarn (2 mm Geschütz-pulver m/93 und andre Arten), England (Cordit) u. a. m. zur Einführung gelangt.

Ihre ballistischen Leistungen sind sehr bedeutend und denen der Schießwollpulver überlegen. Um dies günstige Ergebnis zu erreichen, müssen freilich einige nicht unerhebliche Nachteile mit in den Kauf genommen werden; unter diesen spielt besonders die hohe Zersetzungswärme eine ebenso wesentliche wie unwillkommene Rolle, indem sie durch Abschmelzen und Verdampfen des Lauf- bzw. Rohrmetalls Ausbrennungen der Seelenwände befördert und somit ein vorzeitiges Unbrauchbarwerden der Waffe herbeiführen kann.

Nach den Versuchen von W. Macnab und E. Ristori*) entwickeln die Nitroglycerinpulver infolge ihres Gehalts an Sprengöl eine merklich höhere Zersetzungswärme als die Schießwollpulver, wie aus nachstehender Zusammenstellung ersichtlich wird, die zugleich den vorteilhaften Einfluß der Vaseline, sowie des Gelatinierens der Schießwolle auf die Ermäßigung der Zersetzungswärme veranschaulicht:

Explosivstoff (je 4 g)		Zersetzungs- wärme. Kalorien auf 1 g
Schießwollpulver	{ Englisches Rifleit ¹⁾	864
	{ Französisches Pulver BN ²⁾	833
Nitroglycerinpulver	{ Deutsches Würfelpulver c/89	1291
	{ Englisches Cordit	1253
	{ Italienisches Ballistit	1317
Reine Schießwolle von 13,3 % Stickstoffgehalt		1061
Desgleichen, gelatiniert		922
Reines Nitroglycerin		1652
50 % Kollodiumwolle von 12,24 % Stickstoffgehalt und 50 % Nitroglycerin		1349
50 % Schießwolle von 13,3 % Stickstoffgehalt und 50 % Nitroglycerin		1410
40 % Schießwolle von 13,3 % Stickstoffgehalt und 60 % Nitroglycerin		1467
35 % Schießwolle von 13,3 % Stickstoffgehalt, 60 % Nitroglycerin und 5 % Vaseline		1280

*) Vgl. Mitteilungen über Gegenstände des Artillerie- und Genie-Wesens, 1895, S. 93: Sturm, Untersuchungen moderner Schießpräparate bezüglich der bei der Explosion gelieferten Wärme.

¹⁾ Schießwollpulver mit Zusatz von Nitrobenzol = $C_6H_5 \cdot NO_2$.

²⁾ Poudre Boulanger nouvelle.

In dieser wie in andern Beziehungen wurden seiner Zeit von „Arms and Explosives“ (Heft 7 von 1893*) ernste Angriffe gegen das Verhalten des Cordits gerichtet: Die Gleichförmigkeit der Wirkung lasse viel zu wünschen übrig; während man die gestattete mittlere Abweichung der Mündungsgeschwindigkeit im 7,7-mm Gewehr m/89 (Lee-Metford) anfangs zu 4,57, die größte Abweichung zu 9,14 m festgesetzt habe, würden jetzt nicht nur Geschwindigkeiten von $610 \pm 12,2$ m ausdrücklich erlaubt, sondern die mittlere Abweichung erreiche in Wirklichkeit sogar nicht selten 30,5 statt 4,75 m. Es liege also auf der Hand, daß man bei der Massenfertigung des Cordits die vorgeschriebenen Bedingungen nicht einzuhalten vermöge. Ebenso überschreite der Gasdruck die ursprünglich (1890) zugelassenen Grenzwerte um ein erhebliches Maß. Der Lauf werde bei andauerndem Feuer übermäßig erhitzt und (ebenso wie die Läufe der Maxim-Maschinengewehre) durch die hohe Wärme der Verbrennungsgase stark angegriffen; die Dauer des Gewehrs dürfe daher nur zu 2000, ausnahmsweise 3000 Schuß statt der früher erwarteten 4000 bis 5000 veranschlagt werden. Ferner könne die beträchtliche Erhitzung der Wandungen des Patronenlagers leicht Unfälle herbeiführen, wenn die in den Lauf eingeführte Patrone längere Zeit darin verbleibe. Überdies werde durch die Erhöhung der Pulverwärme eine merkliche Zunahme der Gasspannung beim Schuß bewirkt.

Solche einschneidenden Vorwürfe, denen sich noch andre hinzugesellten, riefen in der öffentlichen Meinung naturgemäß lebhaftere Auseinandersetzungen hervor, deren Wiederhall auch im englischen Parlament vernehmbar wurde. Unter den Kämpen, die zu gunsten des so scharf angefochtenen neuen Pulvers eine Lanze brachen, trat besonders Hauptmann Noble hervor, dessen in den „Times“ vom 7. September 1893 erschienene, ebenso umfangreiche wie bedeutsame Entgegnung namentlich die hohe ballistische Leistung (Gas- und Wärmeentwicklung) des Cordits, seine unbedingte Sicherheit gegen Detonationen beim Schuß und seine tadellose Lagerbeständigkeit hervorhob; daß es sich in bezug auf Ausbrennungen im Rohr schlechter als braunes Prismapulver und viel schlechter als Amid-Prismapulver verhalte, wurde zugegeben (füglich konnte noch gesagt werden: auch schlechter als Schieß-

*) S. a. Nr. 156 des „Russischen Invaliden“, Revue d'artillerie, Band 43, S. 278, Militär-Wochenblatt Nr. 34 von 1894 und Internationale Revue über die gesamten Armeen und Flotten, Jahrgang XIII, Maiheft von 1895, S. 677.

wollpulver); die Ungleichmäßigkeit des Fabrikats bzw. die großen Streuungen der Mündungsgeschwindigkeit blieben unberührt.

Die hohe ballistische Leistung des Cordits wurde schon vorhin betont und ist überhaupt niemals ernstlich angezweifelt worden; wenn sie indes mit einer übermäßigen Zersetzungswärme erkaufte werden muß, die ihrerseits wieder nicht nur das Entstehen und Fortschreiten der Ausbrennungen beschleunigt, sondern auch zur Steigerung des Gasdrucks wesentlich beiträgt, so ist für die Praxis nur wenig gewonnen. Offenbar kann es sich nicht darum handeln, ein hohes Maß von Geschößgeschwindigkeit und -arbeit mit einem thunlichst kleinen Ladungsgewicht zu erhalten. Schießmittel, welche dies ermöglichen, pflegen sich durchweg als äußerst scharf zu erweisen und ihre gewaltige Kraft nur für den unverhältnismäßig hohen Preis einer raschen bzw. plötzlichen Zerstörung der Waffe und einer unzuverlässigen, weil sehr ungleichförmigen Wirkung zur Verfügung zu stellen. Sicherlich wird sich niemand im Ernst beikommen lassen, das Knallquecksilber, welches den höchsten Grad jener guten und üblen Eigenschaften in sich vereinigt und das für untergeordnete Waffen, wie Teschings u. dergl. aus triftigen Gründen beliebt ist, auch zu den Ladungen der Kriegswaffen verwenden zu wollen (vergl. a. unter 3, S. 87).

Mit der von Hauptmann Noble behaupteten völligen Sicherheit des Cordits gegen Detonationen beim Schuß scheint übrigens die Gefahrlosigkeit der Fertigung nicht Hand in Hand zu gehen. Wenigstens haben in der Fabrik zu Waltham-Abbey zahlreiche Explosionen stattgefunden; allein in der ersten Hälfte von 1894 kamen fünf vor, die zum Teil von sehr verderblichen Folgen begleitet waren.

Ein im Januar 1897 auf dem Übungsplatz des Arsenal zu Woolwich ausgeführter Versuch ließ das explosive Verhalten des Cordits ebenfalls in nicht unbedenklichem Licht erscheinen. In einiger Entfernung von einer mit Cordit gefüllten Kiste waren zwölf andre gleiche aufgestellt; als man erstere durch einen Schuß zur Explosion brachte, übertrug sich diese auf die übrigen Kisten. Benachbarte Gebäude wurden bis auf die Grundmauern erschüttert, und der Knall war in einem Umkreis von 33 km Durchmesser vernehmbar. Aus dieser Wirkung des nur leicht eingeschlossenen Pulvers ist wohl zu folgern, daß eine Detonation stattgefunden hatte.

Im Hinblick auf die Verwendung des Pulvers im Kolonial-

dienst und den dadurch bedingten erheblichen Wechsel klimatischer Einflüsse hat die englische Regierung umfangreiche Versuche ausführen lassen: Versendung von Corditladungen nach Indien; Rückbeförderung und Verschießen in England; Erwärmung auf 38 Grad und Verfeuern, teils in warmem Zustand, teils nach Abkühlung; Versendung in Kasten und in 12pfünder-Kartuschen nach zwei indischen Standorten; Lagerung in heißen Magazinen während eines Jahrs; Unterbringung in Protzen, die der Sonne ausgesetzt waren; dann, nachdem die Prüfung der chemischen Beständigkeit keine Veränderung ergeben hatte,*) Rücksendung nach England und Verschießen; endlich entsprechende, gleichfalls von gutem Erfolg begleitete Versuche in Canada während eines strengen Winters.

Wenn danach das Cordit auch der Einwirkung scharfer Kälte gut zu widerstehen scheint, so ist doch diese Frage hinsichtlich anderer Nitroglycerinpulver vielleicht noch nicht als völlig geklärt zu betrachten.

Die Chemiker-Zeitung**) brachte unter dem Titel: „Die neuesten Explosionen der Schießwollpulver“ eine Abhandlung, der man selbst beim besten Willen keine sonderlich geschickte und wirksame Mache nachsagen konnte, sofern sie etwa die Verherrlichung des Plastomenits und die Herabsetzung seiner Nebenbuhler zum Zweck hatte.

Gegen verschiedene Ausführungen dieses Aufsatzes wendete sich ein schon vorhin (S. 37) flüchtig erwähnter, von Hauptmann Perlizh verfaßter Beitrag, welcher unter der gleichen Überschrift in den „Mitteilungen über Gegenstände des Artillerie- und Geniewesens“***) erschien.

Darin hieß es unter anderm:

„Um sich über die Frostgefährlichkeit von Pulvern, welche Nitroglycerin enthalten, ein korrektes Urteil zu bilden, genügt es nicht, anzuführen, daß Nitroglycerin bei $+8^{\circ}$ C. gefriert, es müssen vielmehr exakte Versuche durchgeführt werden. Diese

*) Trotzdem soll das Cordit ähnlich wie das russische Schießwollpulver (s. oben unter a, S. 73) künftig nur noch einer Wärme von höchstens 100° F. ($= 37^{\circ}$ C.) ausgesetzt werden. — S. Schweizerische Zeitschrift für Artillerie und Genie, 1897, S. 276, nach Militär-Wochenblatt.

**) Jahrgang 1895, Seite 318, Chem. Repertorium.

***) Jahrgang 1896, S. 47.

Versuche wurden auch im weitesten Umfang durchgeführt und haben das Gegenteil der aufgestellten Behauptung ergeben.“

Der Sinn des Schlußsatzes entbehrt leider einigermaßen der wünschenswerten Klarheit. Die einzige Behauptung in der angegriffenen Abhandlung, der jener Satz seinem Wortlaut nach entgegenzutreten bestimmt sein könnte, lautet buchstäblich:

„Ein in Nitroglycerin gelöstes (Nobel-) Pulver hat den — — — Nachteil, daß es sich einen Körper aufhalst (Nitroglycerin), der schon bei $+ 8^{\circ}$ C. gefriert und dann höchst gefährlich ist.“

Soll nun vielleicht diese Behauptung widerlegt werden? Schwerlich; aber eine andre Anführung, auf welche die gegebene Fassung jenes Schlußsatzes anwendbar wäre, ist in dem angefochtenen Aufsatz überhaupt nicht enthalten. Man darf daher wohl annehmen, daß gesagt werden sollte, die Nitroglycerinpulver (bezw. die österreichisch-ungarischen Nitroglycerinpulver) seien gegen Kälte in keinem für den praktischen Gebrauch irgend gefahrdrohenden Maße empfindlich.

Das Gleiche hat — inbetreff des österreichischen 2 mm Geschützpulvers m/93 — schon früher Hauptmann Langer bekundet, indem er geltend machte, daß es auch strenge Kälte „ohne schädliche Folgen irgend bedenklicher Art ertrage.“*)

Eine solche beruhigende Versicherung erschien nicht überflüssig im Hinblick auf eine andre, wesentlich abweichende Veröffentlichung,**) welche behauptete, daß bei einem am 17. Februar 1894 auf dem Steinfeld ausgeführten Versuchsschießen ein teilweises Gefrieren des Nitroglycerins in den Kartuschen (die vorher andauernd starkem Frost ausgesetzt waren) bemerkt und daß dadurch bei 38 Schuß 10 Nachbrenner und 16 Versager herbeigeführt worden seien.

Gegenüber den bestimmten Bekundungen zweier Offiziere, deren vollkommene Vertrautheit mit dem wirklichen Sachverhalt offenbar auf ihren unmittelbaren dienstlichen Erfahrungen beruht und daher keinem Zweifel unterliegen kann, muß die entgegengesetzte Angabe der „Reichswehr“ naturgemäß als hinfällig betrachtet werden.

Ob indes dieselben günstigen Voraussetzungen auch hinsichtlich aller andern Nitroglycerinpulver sachlich berechtigt sind, mag vor-

*) Organ der militärwissenschaftlichen Vereine, 1894, Bd. 48, S. 233 – 252: Die Geschützpulver-Frage.

**) Reichswehr, Nr. 600.

läufig dahingestellt bleiben. Von dem italienischen Ballistit und Filit wußte die Zeitung *Italia marinara**) jedenfalls vor einiger Zeit zu berichten, die in Magazinen und Mauerhohlbauten gelagerten Pulvervorräte hätten (namentlich in Capua und Caserta) unter den wechselnden Witterungseinflüssen erheblich gelitten und von ihren ursprünglichen ballistischen Eigenschaften so viel eingebüßt, daß sie für den Schießgebrauch unverwendbar geworden seien; ebenso werde das in den Gebirgsbefestigungen niedergelegte Ballistit durch die Einwirkung strenger Kälte stark angegriffen, so daß die italienische Heeresverwaltung bereits Anlaß genommen habe, in Versuche mit andern Pulvermustern einzutreten.

Auch diese Gerüchte mögenfüglich auf sich beruhen. Weniger gleichgültig wird man aber an sonstigen wissenschaftlichen Ergebnissen vorübergehen dürfen, wie z. B. an den Untersuchungen über den Einfluß der wechselnden Luftfeuchtigkeit auf Nitroglycerinpulver, welche Dr. Balduin Wehrhahn in der „Chemiker-Zeitung“ veröffentlicht hat**) und die nachstehend wiedergegeben sind:

„Das Nitroglycerin ist bei mäßiger Temperatur im trocknen Zustande nur wenig flüchtig. Man kann sich hiervon leicht überzeugen, indem man Nitroglycerinpulver — Ballistit mit ungefähr 40 % Nitroglycerin — mehrere Wochen hindurch einer trockenen Wärme von 20—40° C. aussetzt, wobei außer der entwichenen Feuchtigkeit kein bemerkenswerter Gewichtsverlust auftritt.“***)

„Hieraus erklären sich die günstigen Erfahrungen der Kriegsmarinen, welche in ihren Munitionsvorräten Nitroglycerinpulver führen; überall, in kalten wie in den wärmsten Klimaten soll sich Nitroglycerinpulver als unveränderlich erwiesen haben.“

„Anders ist es dagegen, wenn Nitroglycerinpulver mit feuchter Luft von oft wechselndem Feuchtigkeitsgrade in Berührung kommt. Unter diesen Umständen tritt erhebliche Verflüchtigung des Nitroglycerins ein, welche bei langer Andauer sogar den Erfolg haben kann, daß das Nitroglycerin, der Hauptbestandteil, aus dem Pulver völlig verschwindet.“

*) S. a. Nr. 113 des „Russischen Invaliden“ von 1894 und *Revue d'artillerie*, Bd. 44, S. 581.

**) Jahrgang 1896, Nr. 73, S. 705: Neuerungen in der Schieß- und Sprengtechnik.

***) Man vergleiche hiermit unter III. 8 (S. 30/31) die weit schärferen Proben, denen das Plastomenit so erfolgreich widerstanden hat.

„Ein in dieser Richtung unternommener Versuch möge nachstehend Platz finden. 30 g normales Nitroglycerinpulver — Ballistit in Würfeln von 1 mm Kantenlänge — wurden in dünner Schicht auf einer offenen Glasschale ausgebreitet, diese 48 Stunden lang in einem Raum gelagert, dessen Temperatur 20 ° C. und dessen Luftfeuchtigkeit über 90 % betrug, und dann die Gewichtszunahme des Pulvers ermittelt. Hierauf wurde das mit Feuchtigkeit beladene Pulver in einen trockenen Raum gebracht von 40 ° C. Temperatur und nicht über 35 % Luftfeuchtigkeit, blieb hier wiederum 48 Stunden, wurde dann unter einer Glasglocke auf 20 ° C. abgekühlt und nun der Gewichtsverlust festgestellt.“

„In dieser Weise wurde das Pulver abwechselnd feucht und trocken gelagert, wobei darauf Bedacht genommen wurde, die Temperatur zwischen den Grenzen 20 ° C. und 40 ° C. und die Luftfeuchtigkeit zwischen 100 % bzw. 30 % zu halten. Schon nach Verlauf eines halben Jahres hatte das untersuchte Pulver nahe an 12 % Nitroglycerin durch Verflüchtigung verloren:“

Verlust %	nach Wochen	Verlust %	nach Wochen
2,17	3	11,03	24
3,90	6	12,23	27
5,13	9	13,47	30
6,53	12	14,70	33
7,47	15	15,43	36
8,03	18	16,00	39
9,80	21	16,50	42

Nach alledem scheinen sowohl die Schießwoll- wie die Nitroglycerinpulver noch einer Vervollkommnung in bezug auf ihre Beständigkeit zu bedürfen; ob sie einer solchen Verbesserung ohne eine wesentliche Änderung ihrer Zusammensetzung, Herstellung und ballistischen Leistung auch fähig sind, kann nur die praktische Erfahrung auf grund eingehender Versuche lehren.

Die Nitroglycerinpulver, soweit sie dem Würfelpulver, Ballistit oder Cordit hinsichtlich ihres Prozentgehalts an Nitroglycerin nahe verwandt sind, haben, wie wir sahen, überdies den erheblichen Nachteil einer sehr hohen Zersetzungswärme, welche die Dauer der Waffe gefährdet. *)

*) Vgl. a. v. Romocki, Geschichte der Explosivstoffe, Teil II, S. 308.

2. Gasdruck und Arbeit.

Das praktische Endziel der innern Ballistik besteht darin, mit thunlichst geringer Gasspannung und Lauf- bzw. Rohr- anstrengung möglichst viel Arbeit zu leisten.

Das Ideal, d. h. der relativ — im Verhältnis zur geleisteten Arbeit — kleinste Gasdruck würde sich nur verwirklichen lassen, wenn man die Spannung von der ersten Entwicklung der treibenden Gase bzw. vom Beginn der Bewegung des Geschosses in der Seele bis zu seinem Austritt aus der Mündung stets auf einer und derselben Höhe erhalten könnte.

Dieser mittlere Gasdruck — das arithmetische Mittel aus sämtlichen Spannungen, die beim Schuß in der Seele auftreten — stellt die Druckgröße dar, welche dem Geschöß die gemessene bzw. aus Messungen errechnete Mündungsgeschwindigkeit erteilen würde, wenn sie während der ganzen Dauer der Geschößbewegung im Lauf mit stets gleichbleibender Kraft auf den Geschößboden einwirkte.

Dies für die Erzielung eines thunlichst niedrigen Gasdrucks günstigste Verhältnis kann in Feuerwaffen, die mit gegebenen und abgeschlossenen Mengen eines sich selbst verzehrenden Treibmittels arbeiten, naturgemäß nicht erreicht werden, weil die Spannung, entsprechend der Verbrennung des Pulvers, immer mit einem unendlich kleinen Wert beginnt, erst nach Verlauf eines gewissen Zeitteilchens bis zur Höhe des mittlern Gasdrucks ansteigt und diesen somit in einem weitem Zeitteilchen notwendig überschreiten muß, um die anfängliche Minderleistung wieder auszugleichen und dieselbe Mündungsgeschwindigkeit des Geschosses hervorzubringen, welche sich aus der unveränderlichen Arbeitsgröße des mittlern Gasdrucks ergeben würde.

Nur in Dynamitgeschützen und Torpedorohren, deren Triebkraft verdichtete und der Seele von außen zugeführte Luft bildet, ist wenigstens die theoretische Möglichkeit nicht ausgeschlossen, die Spannung der Preßluft während der ganzen Dauer der Geschößbewegung im Rohr stets auf gleicher Höhe zu erhalten; doch auch bei solchen Schießmaschinen wird dies für die Beziehungen der aufgewendeten Kraft zur geleisteten Arbeit vorteilhafteste Ergebnis in Wirklichkeit nur äußerst selten oder niemals vollkommen erreicht werden.

Jedenfalls hat der mittlere Gasdruck für Feuerwaffen

keinen praktisch nutzbaren, sondern nur einen idealen relativen Wert als Maßstab der ballistischen Eigenschaften des Treibmittels unter bestimmten Bedingungen. Das Pulver ist für den gegebenen Fall um so besser geeignet, und die Beziehungen seiner chemischen und physikalischen Beschaffenheit zum Ladungsverhältnis und zur Ladungsdichte, zur Einrichtung der Seele und der Geschosßführung sind um so zweckmäßiger gewählt, je kleiner der Wert ist, um welchen der höchste Gasdruck den mittlern überschreitet.

Letzterer (P) ist gegeben durch

die Geschosßarbeit (A) an der Mündung in mkg,

die Druckfläche (q) (Geschosß- oder Seelenquerschnitt) in qcm,

die Arbeitslänge (l) oder den Arbeits- bzw. Geschosßweg (Abstand zwischen Geschosßboden und Mündung bei geladener Waffe) in m und

die Kraftverluste (V) der Geschosßarbeit auf dem Wege des Geschosses durch die Seele.

Die Geschosßarbeit A erhält man bekanntlich aus dem Geschosßgewicht (p) in kg, der Mündungsgeschwindigkeit (v) in m und der Beschleunigung durch die Pendelschwere ($g = 9,806 \text{ m}$) nach dem Ausdruck

$$A = \frac{p v^2}{2 g}$$

Die Arbeitslänge l wird bei Handfeuerwaffen fast niemals ausdrücklich angegeben; sie läßt sich indes leicht finden, wenn man von der Lauflänge (L) die Patronenlänge (l^1) abzieht und die Geschosßlänge (l^{11}) hinzuzählt:

$$l = L - l^1 + l^{11}$$

Der so ermittelte Wert von l ergibt offenbar die Entfernung der Mündung von der Bodenfläche des Geschosses einer in das Patronenlager des Laufs eingeführten Patrone und entspricht daher der Länge des Seelenteils, welchen das Geschosß beim Schuß zu durchlaufen hat. *)

*) Vergleicht sich bei geladener Waffe die Bodenfläche der Patronenhülse nicht mit dem rückwärtigen Ende des Laufs, so muß das Maß, um welches der Patronenboden vor oder hinter dem Laufende liegt, bei der Ermittlung von l^1 selbstredend berücksichtigt werden, obwohl seine thatsächliche Bedeutung für den Wert P natürlich sehr geringfügig ist.

Die Kraftverluste (V) werden durch verschiedene Widerstände herbeigeführt, welche der das Geschöß durch die Seele treibende Gasdruck mit einem Kraftaufwand zu überwinden hat, der für die Beschleunigung der Geschößbewegung verloren geht. Sie treten daher in der vom Gasdruck geleisteten Geschößarbeit A nicht zu Tage, müssen jedoch bei Ermittlung des Gasdrucks selbst in Rechnung gestellt werden. Sie setzen sich hauptsächlich aus folgenden Größen zusammen:

Fortbewegung eines Teils der Pulverladung vom Pulverraum nach vorn bis zur vollständigen Zersetzung des Treibmittels;

Verdrängung der die Seele vor dem Geschöß ausfüllenden Luftsäule mit einer der Vorwärtsbewegung des Geschosses entsprechenden Geschwindigkeit;

Reibung der Pulvergase an den Seelenwandungen;

Widerstand der Geschößführung gegen das erste Einschneiden der Felder;

Reibung der Geschößführung im gezogenen Teil;

Umsetzung eines Teils der fortschreitenden Geschößbewegung in drehende, entsprechend dem Drall der Züge.

Die letztgenannte Größe ist von allen die einzige, welche sich rechnermäßig ermitteln läßt. Im übrigen haben alle bisherigen Versuche zur Feststellung der Geschößbewegung in der Seele von Punkt zu Punkt noch kein Ergebnis geliefert, das die Gesamtsumme (V) der eintretenden Kraftverluste in jedem Einzelfall mit genügender Zuverlässigkeit zu bestimmen gestattete. Bis dies mit Hilfe des neuen Polarisations-Photochronographen von Crehore und Squier oder durch andre Mittel und Wege gelungen sein wird, muß man sich wohl oder übel mit der bisher ziemlich allgemein geltenden Annahme begnügen, daß V 10 bis 15%, im Mittel also gegen 12% der Geschößarbeit an der Mündung beträgt.

Unter dieser Voraussetzung erhält man den mittlern Gasdruck P in kg auf das qcm nach dem Ausdruck

$$P = \frac{A V}{q l} = \frac{p v^2 V}{2 g q l} = \frac{1,12 p v^2}{19,6 q l} = \frac{0,057 d v^2}{l}$$

und in Atmosphären (zu je 1,033 . . . kg/qcm) ausgedrückt:

$$P = \frac{1,084 p v^2}{19,6 q l} = \frac{0,055 d v^2}{l}$$

*) d = Querdichte des Geschosses in kg auf das qcm = $\frac{p}{q}$.

Das maßgebende Verhältnis des mittlern Gasdrucks (P) zum höchsten (P¹) stellt sich bei den zur Zeit eingeführten Infanteriegewehren im Durchschnitt über 1:3,00.

Die verschiedenen Abstufungen dieses Verhältnisses werden aus den nachstehend zusammengestellten Beispielen ersichtlich, zu denen nur solche Waffen gewählt wurden, für die einigermaßen bestimmte — wenn auch vielleicht nicht in allen Fällen unbedingt zuverlässige — Angaben über den höchsten Gasdruck vorliegen.

G e

Gegenstand	Deut- sches 88	Argenti- nisches m/91 und Türki- sches m/90	Belgi- sches m/89	Däni- sches m/89	Eng- lisches m/89
Laufweite (zwischen den Feldern) mm	7,90	7,65	7,65	8,00	7,696
Seelenquerschnitt (q) qcm	0,4902	0,4596	0,4596	0,5027	0,4656
Art des Pulvers	Schiess- woll- pulver; Blätt- chen	Schiess- woll- pulver; Blätt- chen	Schiess- woll- pulver; Wetteren L 3 (Libb- recht)	Schiess- woll- pulver; Blätt- chen	Nitro- glycerin- pulver; Fäden (Cordit)
Geschoßgewicht (p) kg	0,0147	0,0138	0,0141	0,0141	0,0139
Querdichte des Geschosses (d) kg/qcm	0,0300	0,0300	0,0307	0,0280	0,0304
Geschoßweg im Lauf oder Arbeits- länge (l) m	0,6888	0,6928	0,7313	0,7900	0,7215
Mündungsgeschwindigkeit (v) . . m	645	652	600	630	610
Mittlerer Gasdruck (P) . . . kg/qcm	1033	1050	864	620	886
Höchster Gasdruck (P ¹) rund kg/qcm	3300	3100	3100	2380	2900
Verhältnis des mittlern Gasdrucks zum höchsten . . . P : P ¹ = 1 :	3,19	2,95	3,59	3,84	3,27

Das Mittel aus den fünfzehn in dieser Zusammenstellung für P : P¹ angegebenen Verhältniszahlen beträgt

1:3,18,
der höchste Wert 1:3,84,
der niedrigste 1:2,64.

Für Plastomenit dagegen ergeben die im Abschnitt III unter B verzeichneten, in Handfeuerwaffen erschossenen zehn Verhältniszahlen*) als Mittelwert von P : P¹

1:2,07,
als größten 1:2,39
und als kleinsten 1:1,71.

*) Hierbei sind alle Versuche berücksichtigt worden, welche zur Ermittlung der ballistischen Leistung an sich bestimmt waren; die übrigen, bei

Der Abstand zwischen Plastomenit und den andern Pulvern ist, wie man sieht, ein sehr beträchtlicher, und der Unterschied tritt um so deutlicher hervor, als die höchste Verhältniszahl für Plastomenit noch ziemlich tief unter der niedrigsten der übrigen Pulver liegt, während der Mittelwert der letzteren den des Plastomenits um nicht weniger als 54% überragt.

In Worten besagen die obigen Ziffern, daß Plastomenit zur Erzielung der gleichen ballistischen Leistung einen

w e h r .

Fran- zösi- sches m/86/93	Italieni- sches m/91	Nieder- ländi- sches m/93	Nord- ameri- kani- sches m/92 (Land- heer)	Norwe- gisches m/93	Öster- reich- isch- ungari- sches m/88/90	Rumä- nisches m/93, III	Russi- sches Drei- linien- m/91	Schwei- zeri- sches m/89	Spani- sches m/93
8,00 0,5027	6,50 0,3318	6,50 0,3318	7,62 0,4560	6,50 0,3318	8,00 0,5027	6,50 0,3318	7,62 0,4560	7,50 0,4418	7,00 0,3849
Schiess- woll- pulver; Blätt- chen	Nitro- glycerin- pulver; Körner (Ballistit)	Schiess- woll- pulver	Schiess- woll- pulver	Schiess- woll- pulver	Schiess- woll- pulver m/92; Scheib- chen	Schiess- woll- pulver	Schiess- woll- pulver	Schiess- woll- pulver	Schiess- woll- pulver; Blätt- chen
0,0150 0,0298	0,0105 0,0315	0,0101 0,0304	0,0143 0,0313	0,0101 0,0304	0,0158 0,0314	0,0103 0,0310	0,0137 0,0302	0,0138 0,0312	0,0112 0,0291
0,7560 632 899 3070	0,7340 709 1232 4100	0,7483 730 1232 3800	0,7154 610 927 2760	0,7170 730 1290 3900	0,7208 620 953 3100	0,6789 740 1424 4350	0,7543 635 923 3000	0,7312 620 934 2700	0,6908 710 1210 3200*)
3 41	3,33	3,08	2,98	3,02	3,25	3,05	3,25	2,89	2,64

erheblich geringeren Gasdruck erfordert, bzw. bei gleicher Spannung eine wesentlich grössere Arbeit verrichten kann als die eingeführten rauchschwachen Pulver.

Welche bedeutenden Vorteile aus dieser Thatsache in bezug auf die geringere Beanspruchung des Laufmetalls, des Verschlusses, des Geschosses, der Geschosßführung u. s. w. sich ergeben, bedarf keiner weiteren Erörterung.

denen es sich um die Bestimmung des Einflusses besonderer Bedingungen handelte (verschiedene Härte der Patronenhülsen, Patronenwärme und Pulverfeuchtigkeit), mußten selbstredend außer Betracht bleiben, weil sie über das Verhalten des Schießmittels unter normalen und gleichartigen Verhältnissen keinerlei Aufschluß geben konnten.

*) Mittelwert; Grenzwerte: 2900—3500 kg.

3. Mängel des Plastomenits.

Die Urteile fast aller Militärbehörden des In- und Auslandes, welche in den Jahren 1894 und 1895 Gelegenheit genommen hatten, mit den älteren Konstruktionen des Plastomenits Schießversuche auszuführen, betonen übereinstimmend, daß das Pulver folgende Mängel gezeigt habe:

Beträchtlicher Rückstand;

Bedeutende Raucherscheinung;

Zu großer Gewichts- und Raumbedarf der für eine gegebene Leistung erforderlichen Ladung.

Diese gegen das Plastomenit erhobenen Vorwürfe waren seiner Zeit ohne Zweifel vollkommen berechtigt; heut treffen sie indes teils gar nicht mehr, teils nur noch in sehr beschränktem und vermindertem Maße zu.

Der zu große Rückstand und die damit in unmittelbarem Zusammenhang stehende erhebliche Raucherscheinung sind, wie schon wiederholt erwähnt, durch die Verringerung des Gehalts an Bariumnitrat und durch den Hinzutritt des Kaliumchromats vollkommen beseitigt worden. In beiden Beziehungen braucht das Plastomenit in seiner gegenwärtigen Verfassung den Vergleich mit irgend einem andern rauchschwachen Pulver keinesfalls mehr zu scheuen und ist manchen derselben sogar entschieden überlegen.

Die Verminderung der trägen und die dadurch bedingte relative Vermehrung der vorzugsweise thätigen und wirksamen Bestandteile des Plastomenits hat naturgemäß zugleich eine namhafte Verschiebung des Verhältnisses zwischen dem Gewicht der erforderlichen Ladung und der Größe der ballistischen Leistung herbeigeführt, und diese Verschiebung hat sich selbstredend ausschließlich in günstigem Sinne vollzogen, d. h. die heutigen kräftigeren Plastomenitarten ergeben die gleiche Leistung mit einem wesentlich kleineren Ladungsverhältnis als die älteren und schwächeren Konstruktionen.

Mit dem relativen Gewicht der Ladung hat natürlich auch deren Raumbedarf in gleichem Verhältnis abgenommen; denn der größere Raumbedarf des Plastomenits ist ja weder durch dessen zu geringe Dichte, noch auch durch eine für die günstige Lagerung im Pulverraum der Patronenhülse besonders unvorteilhafte Gestalt der Körner, bzw. durch ein zu niedriges Raumgewicht des Pulvers bedingt, sondern lediglich an das Gewicht der Ladung gebunden.

Immerhin läßt sich nicht in Abrede stellen, daß auch jetzt noch das verbesserte Plastomenit zu einer gegebenen Leistung ein höheres Gewicht und dem entsprechend einen größeren Raum der Ladung erfordert als die meisten andern rauchschwachen Pulver. Es kann sich deshalb nur darum handeln, zu untersuchen, in welchem Maße dieser unvermeidliche Nachteil sich praktisch und ziffermäßig geltend macht, sowie ob er vielleicht durch gewisse wesentliche Vorteile, mit denen er untrennbar verknüpft ist, reichlich oder doch wenigstens gleichwertig aufgewogen wird.

An und für sich betrachtet würde es ja ohne Frage äußerst angenehm und nützlich sein, wenn man im Gewehr beispielshalber mit 0,1 Ladungsverhältnis 850 m Mündungsgeschwindigkeit oder noch mehr zu erreichen vermöchte. Man spart — freilich nicht gar viel — am Gewicht, an der Länge und am Rauminhalt der Patrone; man kann also Lauf, Patronenlager und Schloß entsprechend verkürzen und die Waffe erleichtern oder ihr bei gleicher Länge eine größere Leistungsfähigkeit geben. Der Schütze vermag eine größere Schußzahl in den Taschen mitzuführen, oder er wird — bei gleicher Zahl — weniger belastet; dasselbe findet sinngemäße Anwendung auf die Munitions-Fahrzeuge.

Aber ein Ladungsverhältnis von 0,1 ist vorläufig unerreichbar; um den heutigen Anforderungen der Ballistik und Taktik zu genügen, müssen die Infanteriegewehre durchschnittlich mit dem doppelten Ladungsverhältnis (0,2; für die kleinsten Laufweiten bis zu 0,27) vorlieb nehmen. Und wenn der Wert von 0,1 überhaupt im Bereich der Möglichkeit läge, so würde man — wohl oder übel darauf verzichten müssen. Denn eine langjährige, bei Schwarz- wie bei Stickstoffpulvern sattsam erprobte Erfahrung giebt — und das ist der springende Punkt der Frage — die unumstößliche Gewißheit, daß mit einer relativ sehr kleinen Ladung auch ein verhältnismäßig hoher Gasdruck, also äußerst ungünstige Beziehungen zwischen Kraftaufwand und Leistung nebst allen ihren üblen Folgen, wie Überanstrengung des Laufs, der Züge, der Geschößführung, des Geschosses, der Patronenhülse, der Verschußteile, mangelhafte Trefffähigkeit u. s. w., unabwendbar in den Kauf genommen werden müssen (vgl. auch das auf S. 76 Gesagte).

Es würde offenbar eine leichte Aufgabe sein, durch gewisse Änderungen in der chemischen Zusammensetzung des Plastomenits

dessen Kraftäußerung derart zu verschärfen, daß es für die gleiche Leistung kein höheres Ladungsverhältnis und keinen größeren Pulverraum beanspruchte als irgend ein andres modernes Schießmittel. Diese scheinbar so naheliegende Abhilfe muß indes unbedingt außer Betracht bleiben, weil damit auch der Hauptvorteil des Plastomenits, das überaus vorteilhafte Verhältnis des Gasdrucks zur Geschoszarbeit, unwiederbringlich preisgegeben würde, ohne daß dafür in der erreichbaren Herabsetzung der Ladung und der damit Hand in Hand gehenden Verringerung der Patronenlänge u. s. w. ein auch nur einigermaßen annehmbarer Ersatz gefunden werden könnte.

Der thatsächliche Mehrbedarf des Plastomenits an Gewicht und Rauminhalt der Ladung ist eben ein ungemein geringfügiger. Durchschnittlich hat sich ein Mehr von 0,5 g Ladung und von 3 mm Patronenlänge als durchaus hinreichend erwiesen, um die überlegenen ballistischen Eigenschaften des Plastomenits im vollen Umfang zu entfalten.

Sehr lehrreich sind in dieser Hinsicht die Ergebnisse der mit dem chilenischen 7 mm Gewehr m/95 ausgeführten Versuche (s. in Abschnitt IV unter B, c, S. 52—54), bei welchen die mit Plastomenit geladenen Patronen ganz dieselben Abmessungen, also auch den gleichen Pulverraum wie die chilenischen Originalpatronen hatten*) und doch, trotz der für sie durch die große Hülsenfüllung geschaffenen ungünstigen Bedingungen, bei ungefähr gleicher Streuung der gemessenen Geschossgeschwindigkeiten noch ein besseres Verhältnis des mittleren Gasdrucks zum höchsten lieferten als die mit Blättchenpulver geladenen chilenischen Patronen.

Die für Plastomenit eingerichteten und demgemäß um eine Kleinigkeit verlängerten Patronenhülsen brauchen deshalb keineswegs schwerer zu sein als solche, die für die gleiche Waffe, aber für andre rauchschwache Pulver bestimmt und daher ein wenig kürzer sind. Der niedrigere Gasdruck, wie er, entsprechend dem natürlichen Verhalten des Plastomenits, in jenen Patronen auftritt, gestattet ihre Wandungen teilweise, namentlich vorn, um das kaum nennenswerte Maß schwächer zu halten, welches schon genügt, die durch die größere Länge bedingte Gewichtszunahme mindestens auszugleichen.

*) Auch die physikalischen Eigenschaften der verwendeten Patronenhülsen waren in beiden Fällen dieselben.

Es besteht also in bezug auf Gewicht und Rauminhalt zwischen den Plastomenit- und den gewöhnlichen Patronen kein anderer Unterschied, als das erwähnte durchschnittliche Mehr von 0,5 g Gewicht und 3 mm Länge. Die Patronen der eingeführten Infanteriegewehre wiegen im Mittel gegen 25 g*) und sind rund 78 mm lang. Sonach beträgt im Durchschnitt das Gewicht der Plastomenit-Patronen zwei vom Hundert und ihre Länge zweieinhalb vom Hundert mehr.

Das sind augenscheinlich so geringfügige Werte, daß es sich kaum verlohnt, darüber ein Wort zu verlieren; jedenfalls können sie weder auf die Ausrüstung des Mannes und der Munitionsfahrzeuge mit Schießbedarf, noch auch auf die Längenmaße von Lauf, Patronenlager und Schloß einen irgendwie wesentlichen nachteiligen Einfluß ausüben. Will man aber dennoch durchaus auf seinem Schein bestehen und jedes zehntel Gramm, jedes Millimeter mehr für schädlich erklären, so wird man sich doch unmöglich der Überzeugung verschließen können, daß der beträchtliche Nutzen, welcher sich aus einem um mehr als 50 % günstigeren Verhältnis des mittleren Gasdrucks zum höchsten für die ballistische Leistung, sowie für die Schonung der Waffe und des Schießbedarfs ergibt, mit so kleinen Unbequemlichkeiten äußerst wohlfeil erkauft ist.

4. Vorzüge des Plastomenits.

Die Erörterung der Eigenschaften und Leistungen des Plastomenits in den Abschnitten III und IV läßt seine Vorzüge und deren Begründung so deutlich erkennen, daß ich mich an dieser Stelle füglich auf eine kurze zusammenfassende Wiedergabe der bedeutsamsten Punkte beschränken kann. Von diesen sind hauptsächlich zu nennen:

1. Das sehr günstige Verhältnis des Kraftaufwandes zur nutzbaren Leistung oder der Gasspannung zur Geschosarbeit, wie es sich aus den für die verschiedensten Waffen durch Messung und Rechnung gefundenen Beziehungen zwischen dem mittlern und höchsten Gasdruck beim Schuß unmittelbar ergibt.

Über diese in ballistischer Hinsicht wertvollste Eigenschaft des Plastomenits und ihre außerordentlichen Vorteile für das prak-

*) 27,5 g bei den 8- bis 7,5 mm Gewehren, 23 g bei den 7- bis 6 mm Gewehren.

tische Schießen ist im Anschluß an die im Abschnitt IV aufgeführten Beispiele bereits unter V, 2 und 3 alles Erforderliche gesagt worden.

2. Gefahrlosigkeit der Fertigung, Handhabung, Fortschaffung und Aufbewahrung, bedingt durch den erheblichen Widerstand, welchen das Plastomenit einer Entzündung durch mechanische Einwirkungen (Schlag, Stoß, Reibung) entgegensetzt (s. u. III, 7).

Während des nunmehr sechs Jahre andauernden Betriebes der Fabrik Jessen ist, wie schon erwähnt, niemals eine Selbstentzündung oder Explosion vorgekommen; ebensowenig war bisher bei dem Laborieren einer sehr beträchtlichen Anzahl Patronen, bzw. Kartuschen, bei zahlreichen Schießversuchen und bei der Versendung kleinerer und größerer Pulvermengen nach den verschiedensten Ländern auch nur der geringste Unfall zu verzeichnen, obwohl keine andern als die allgemein üblichen und selbstverständlichen, bzw. von den zuständigen Behörden angeordneten Vorsichtsmaßregeln angewendet wurden.

Gegenüber den häufigen und schweren Unglücksfällen, von denen andre Fabriken rauchschwacher Pulver in dem gleichen Zeitraum heimgesucht wurden, verdient dieser Umstand offenbar eine mehr als bloß theoretische und nebensächliche Beachtung und Würdigung.

3. Vollkommene Beständigkeit auch unter den ungünstigsten Witterungseinflüssen und selbst bei dauernder Einwirkung so hoher Wärmegrade, wie sie von Natur in keinem Klima der Erde überhaupt vorkommen können (s. u. III, 8).

Diese Eigenschaft ist, abgesehen von der gründlichen und zuverlässigen Entsäuerung der Nitrocellulose, sowie von der Reinheit der Rohstoffe und Zwischenfabrikate, in erster Reihe dem gänzlichen Mangel flüchtiger Bestandteile im Plastomenit zu verdanken, welche in andern Pulvern (wie unter V, 1 besprochen) durch ihre allmähliche Verflüchtigung teils die ballistischen Eigenschaften des Schießmittels wesentlich verändern bzw. verschlechtern, teils sogar infolge der fortschreitenden freiwilligen Zersetzung leicht zu einer Selbstentzündung Anlaß geben können.

4. Sehr geringe Empfänglichkeit für Aufnahme von Feuchtigkeit aus der Luft (s. u. III, 6). Der normale, für die ballistische Gesamtleistung relativ vorteilhafteste Feuchtigkeitsgehalt des Plastomenits erfährt keine nennenswerte bzw. schädliche Zunahme, auch wenn das Pulver lange Zeit der unmittelbaren

Einwirkung feuchter Luft ohne alle besonderen Schutzmittel preisgegeben bleibt. Diese Eigentümlichkeit, welche auf der glasigen Beschaffenheit des geschmolzenen und wieder erkalteten Nitrotoluols beruht, macht die umständliche und kostspielige Aufbewahrung und Versendung des Plastomenits in luftdicht geschlossenen Packgefäßen durchaus entbehrlich; aus demselben Grunde würde man auch auf die Verwendung metallener Patronenhülsen und Kartuschen ohne Nachteil verzichten können, wenn diese nicht in andern Beziehungen und für jedes Schießmittel äußerst nützlich und notwendig wären.

5. Geringer Einfluß der Pulverfeuchtigkeit auf die ballistische Leistung. Nach dem eben unter 4 Gesagten kann es zwar ziemlich gleichgültig erscheinen, ob die Arbeit des Plastomenits im Lauf durch den größeren oder geringeren Feuchtigkeitsgehalt des Pulvers mehr oder weniger beeinflußt wird. Immerhin ist es aber nicht ohne Interesse, aus den Schießversuchen im Abschnitt IV (unter B, d, 2, S. 62—65) zu entnehmen, daß die künstliche Steigerung des Feuchtigkeitsgehalts auf den anderthalbfachen Betrag ($= 2,5\%$) des normalen Werts ($= 1,7\%$) eine kaum nennenswerte Änderung des Verhältnisses zwischen mittlerem und höchstem Gasdruck verursachte, und daß dies Verhältnis sich für den höheren Feuchtigkeitsgehalt sogar noch ein wenig besser gestaltete (1: 1,84) als für den um ein Drittel niedrigeren Gehalt an Wasser (1: 1,93).

Wurde letzterer dagegen durch Abdampfen zunächst auf die Hälfte seines normalen Betrages und dann auf Null gebracht, so verschlechterte sich allerdings das Verhältnis der Spannung zur Leistung in sehr erheblichem Maße; dies hat indes keine praktische Bedeutung, weil — zumal in unserm Klima — die Möglichkeit einer erheblichen und andauernden Abnahme des Wassergehalts im Pulver überhaupt ausgeschlossen ist.

Das Manöverpulver, welches zwar nicht die gleiche Unempfänglichkeit für Wasseraufnahme zeigt wie das zu scharfen Schüssen bestimmte Plastomenit, wird indes durch einen hohen Feuchtigkeitsgehalt in bezug auf Entzündlichkeit, Knall, Rauch und Feuererscheinung ebenfalls sehr wenig beeinträchtigt.

6. Geringer Einfluß der Patronen- bzw. Pulverwärme auf die ballistische Leistung. Die im Abschnitt IV. unter B, d, 1 (S. 57—61) geschilderten Versuche ergaben, daß selbst die weit gesteckten Grenzen eines Wärmeunterschieds der Patronen

von 50 Grad keine größeren Verschiebungen der gemessenen Geschosßgeschwindigkeit und des Gasdrucks hervorriefen, als sonst — unter unveränderten Tageseinflüssen — die natürlichen Streuungen beider Werte zu betragen pflegen.

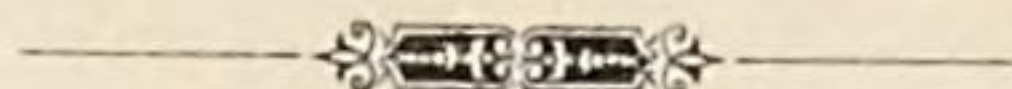
7. Leichte Entzündlichkeit in der Waffe. Es könnte höchst überflüssig und gegenstandslos erscheinen, daß diese, für ein brauchbares Schießmittel ohnehin selbstverständliche Eigenschaft hier besonders hervorgehoben wird; dies geschieht jedoch nur deshalb, weil gleichzeitig hinzugefügt werden darf (s. u. III, 9, S. 31), daß die Entzündlichkeit des Plastomenits völlig hinreicht, um auch in Geschützen auf jede Beiladung (Anfangsladung) von Schwarzpulver, sowie auf eine künstlich verstärkte oder mit besonders kräftiger Schlagladung versehene Geschützzündung unbedingt verzichten zu können — ein unter allen Umständen sehr erwünschter Vorzug, dessen sich bekanntlich keineswegs alle rauchschwachen Geschützpulver rühmen dürfen.

Schlusswort.

Ungeachtet der vielen wertvollen Eigenschaften, durch welche sich das Plastomenit als Schießmittel für Kriegswaffen vor so manchen andern rauchschwachen Pulvern unleugbar vorteilhaft auszeichnet, ist, wie schon im Vorwort betont wurde, seine Entwicklung doch keinesfalls als abgeschlossen zu betrachten; und daß seine weitere Ausgestaltung bei zweckentsprechender Behandlung und Anpassung auch fernerhin sehr günstige Ergebnisse zeitigen wird, läßt sich um so weniger bezweifeln, als in der gegebenen Art seiner Zusammensetzung und seines Aufbaus alle wünschenswerten Vorbedingungen enthalten sind, um auch den weitgehendsten Anforderungen der ballistischen Praxis durch verhältnismäßig geringfügige Änderungen der bisherigen Konstruktion in chemischer und physikalischer Beziehung mit leichter Mühe genügen zu können.



Anlagen.



Anlage 1.

Das Güttlersche Verkohlungs-Verfahren für Cellulose.

Die technischen Einzelheiten dieses Verfahrens und der Konstruktion des zugehörigen Röstofens, welche vorhin*) nur in ihren allgemeinen Umrissen erörtert werden konnten, ergeben sich aus den bezüglichen Patentschriften,**) von denen hier Auszüge folgen, die zugleich die allmähliche, stufenweise Ausgestaltung und Vervollkommnung des Verfahrens und der dazu benutzten Betriebseinrichtungen deutlicher erkennen lassen.

I. Deutsches Reichs-Patent Nr. 42 470.

Verfahren zur Herstellung, zum Löschen und Kühlen von Kohle, namentlich für die Fertigung von Schieß- und Sprengmitteln. (S. Tafel VI.)

Die älteren Verkohlungsverfahren in Meilern, Kesseln oder Cylindern mit unmittelbarer Feuerung oder überhitztem Wasserdampf genügen teils gar nicht, teils nur unvollkommen, um, besonders bei niedriger Wärme, aus Kohlehydraten, cellulosereichen Holz- oder Pflanzenfaserstoffen und deren verwandten Gruppen, wie Holz, Torf, Stroh, Pflanzenmark, Baumwolle, Hanf, Flachs, Fruchtkerne, Zucker, Stärke, Gummiarten u. a. m. Kohle von möglichst gleichmäßiger chemischer Zusammensetzung darzustellen. Die hierbei entstehenden Kohlenarten sind nicht nur von wesentlich verschiedener Beschaffenheit, sondern pflegen auch, hauptsächlich infolge der in ihnen aufgespeicherten Wärme, noch nachzukohlen,

*) Unter II, 1, A, a.; S. 5/6 .

**) D. R.-P. Nr. 42 470 vom 12. Mai 1887.

D. R.-P. Nr. 44 078, Zusatz zum Patent Nr. 42 470.

D. R.-P. Nr. 81 584 vom 7. Dezember 1894, ausgegeben am 4. Juni 1895; zweiter Zusatz zum Patent 42 470.

nachdem der Verkohlungs Vorgang bereits unterbrochen ist. Selbst bei sorgsamer und geschickter Leitung des Verfahrens lassen sich in den einzelnen Beschickungen kohlen-, sauer- und wasserstoffreiche bis -arme Verbindungen nachweisen, wie schon die Abtönung der gewonnenen Kohle von rot bis schwarz zeigt.

An das Verkohlungsverfahren selbst schloß sich dann das sogen. „Dämpfen“ an, welches tagelang dauerte und niemals ohne quantitative und qualitative Verluste an Kohle durchgeführt werden konnte. Man hat zur Beschleunigung des Dämpfens zwar äußere Kühlung zu verwenden gesucht, aber vollen Erfolg nicht erzielen können. Der Grund hierfür liegt wesentlich darin, daß sich der Zutritt atmosphärischer Luft zu den glühenden oder abkühlenden frischen Kohlen, deren Porosität und Absorptionsvermögen in heißem Zustand am größten ist, nicht verhindern läßt. Bei dem Kühlen im Dämpfer sättigt sich stets nur die Oberfläche der frisch gewonnenen Kohle, während ihr Inneres seinem Absorptionsbedürfnis nicht zu genügen vermag; letzteres erwacht von neuem bei der nachfolgenden Zerkleinerung und kann eine Selbstentzündung des Kohlenpulvers bzw. Explosionen bei der Pulverfabrikation verursachen.

Das Güttlersche Verfahren vermeidet diese Übelstände. Die Verkohlung selbst, sowie das Löschen und Kühlen der fertigen Kohle erfolgt dabei im Verkohlungs cylinder durch solche Gase von entsprechender Wärme, die gegen den zu verkohlenden Stoff chemisch indifferent, also geeignet sind, dessen Verkohlung zu unterbrechen. Es wird somit während der Verkohlung entsprechend heißes, während der Kühlung entsprechend kaltes Gas in den Verkohlungs cylinder eingeführt. Hierzu geeignete Gase sind z. B. Kohlensäure, thunlichst sauerstofffreie Verbrennungs-Produkte, Kalkofengase u. a. m.

Dies rasche Löschen und Kühlen mittels derartiger Gase von niedriger Wärme schließt zunächst eine Berührung mit atmosphärischer Luft vollkommen aus und zwingt überdies die frische Kohle, ihrem Absorptionsbedürfnis durchaus zu genügen, also alle ihre Poren mit dem betreffenden Gas zu füllen. Die Kohle wird daher in ihrer ganzen Masse gleichmäßig gesättigt und dadurch ein homogenes Produkt erzielt. Die so im Zustande höchster Porosität gesättigte und schnell gekühlte Kohle kann bei ihrer Zerkleinerung Sauerstoff aus der Luft plötzlich und in großen Mengen nicht mehr aufnehmen; sie ist daher gegen Selbstentzündung gesichert.

Das Verfahren giebt ferner die Mittel an die Hand, die Verkohlung bei bestimmten beabsichtigten Wärmegraden plötzlich zu unterbrechen oder die Kohle gleichzeitig von innen und außen kräftig abzukühlen; es können somit alle eingangs genannten Stoffe zur Verkohlung gebracht und eine Kohle von ausschließlich roter, brauner oder schwarzer Art und von sehr gleichmäßiger chemischer Zusammensetzung gewonnen werden. Durch die Verkohlung bei niedriger Wärme wird die Struktur des Zellgewebes in der Kohle selbst möglichst erhalten. Dadurch kann die Dichte, Entzündung und Explosion des herzustellenden Schieß- und Sprengstoffs bei geeigneter Wahl und chemischer Zusammensetzung der Kohlenart nach Belieben erhöht bzw. beschleunigt oder verringert bzw. verlangsamt werden. Dieser Umstand ist für die Zwecke einer Pulverkohle bzw. für die Entwicklung der modernen Pulverfabrikation von nicht zu unterschätzender Bedeutung.

Der auf Tafel VI dargestellte Ofen zur Durchführung des vorstehend beschriebenen Verfahrens ist nur mit einer Muffel *M* ausgerüstet. Diese trägt im Innern den Verkohlungs-cylinder *C*, welcher wiederum die zur Aufnahme des zu verkohlenden Stoffes bestimmte Trommel *T* umschließt. Um ein bequemes Ein- und Ausbringen des Rohstoffs bzw. der fertigen Kohle zu sichern, benutzt man dazu zweckmäßig eine zweite aus *T* entfernbare durchlöchernte Trommel, wie dies auf der Zeichnung angedeutet ist. *C* sowohl wie *T* sind mit entsprechenden, den gegenseitigen Abstand bestimmenden Rippen oder Bolzen versehen. Im eigentlichen Feuerraum liegt der Überhitzer, hier eine Rohrschlange *S*, welcher durch ein Rohr *r* das zu erhitzende Gas zugeführt wird. *S* steht mit *C* durch das Rohr *r*₁ in Verbindung. Die Destillationsprodukte entweichen mit den zur Verkohlung benutzten Gasen durch das Rohr *r*₂. Die Rohre *r*₁ und *r*₂ sind lösbar und leicht zugänglich mit dem Deckel *D*₂ von *C* verbunden, dessen andre Seite der gleichfalls lösbare Deckel *D*₁ verschließt. *C* selbst und alle seine Verschlüsse müssen gasdicht sein.

Die auf dem Rost *S* verbrennenden Heizstoffe, in der vorliegenden Ausführungsform Koks, erhitzen zunächst die Rohrschlange *S* in der Hauptsache durch Strahlung; die Feuergase übersteigen dann die Feuerbrücke *F* und erwärmen abwärtsgehend die Muffel *M* von außen, um schliesslich durch die Füchse *f*₁ *f*₂ *f*₃ . . . nach der Esse *E* zu entweichen.

Der Verkohlungs-cylinder *C* ist mit Wärme- und Druckmesser

versehen, um die Erhitzung und Spannung dauernd überwachen zu können.

Nach Vollendung des Verkohlungs Vorgangs werden die in den Verschußdeckeln V_1 und V_2 der Muffel befindlichen Löcher l_1 l_2 l_3 . . . und der bis dahin geschlossene Schieber X , welcher die unmittelbare Verbindung zwischen M und C herstellt, geöffnet, so daß in den Raum zwischen Muffel und Verkohlungs cylinder kalte Luft zum Zweck energischer Kühlung eingesaugt wird. Gleichzeitig entfernt man das Feuer vom Rost durch Ausziehen der Roststäbe und führt durch das Rohr r_3 , welches an den, kaltes Gas enthaltenden Gasbehälter angeschlossen ist, dies kalte, die Verkohlung unterbrechende Gas dem Innern des Verkohlungs cylinders zu.

Der Schieber X und die Öffnungen l_1 l_2 l_3 . . . können auch während des Verkohlungs Vorgangs zur Regelung der Wärme benutzt werden; ihre Öffnung würde z. B. einer etwaigen übermäßigen Steigerung der Hitze, durch zu starkes Feuern verursacht, wirksam entgegen treten.

Während die Verkohlung bei Überdruck im Verkohlungs cylinder vorgenommen wird, kann das Sättigen der frischen Kohle mit dem die Verkohlung hemmenden Gase auch bei Unterdruck geschehen, ähnlich wie bei dem Imprägnieren von Holz mit fäulnishindernden Stoffen.

Um den Abzug der Destillationsprodukte zu erleichtern, können dieselben abgesaugt werden, oder man giebt dem Verkohlungs cylinder eine geneigte Lage, um die Bildung von Glanzkohle zu verhüten. Auch läßt sich der eigentliche Verkohlungs cylinder oder auch die Muffel samt Inhalt drehbar einrichten, um die Gewinnung einer gleichmäßigen Kohle zu befördern. Wird Kohlensäure verwendet, so kann sie, in Gasform erhitzt, zum Verkohlen, in flüssiger Gestalt zum Kühlen dienen.

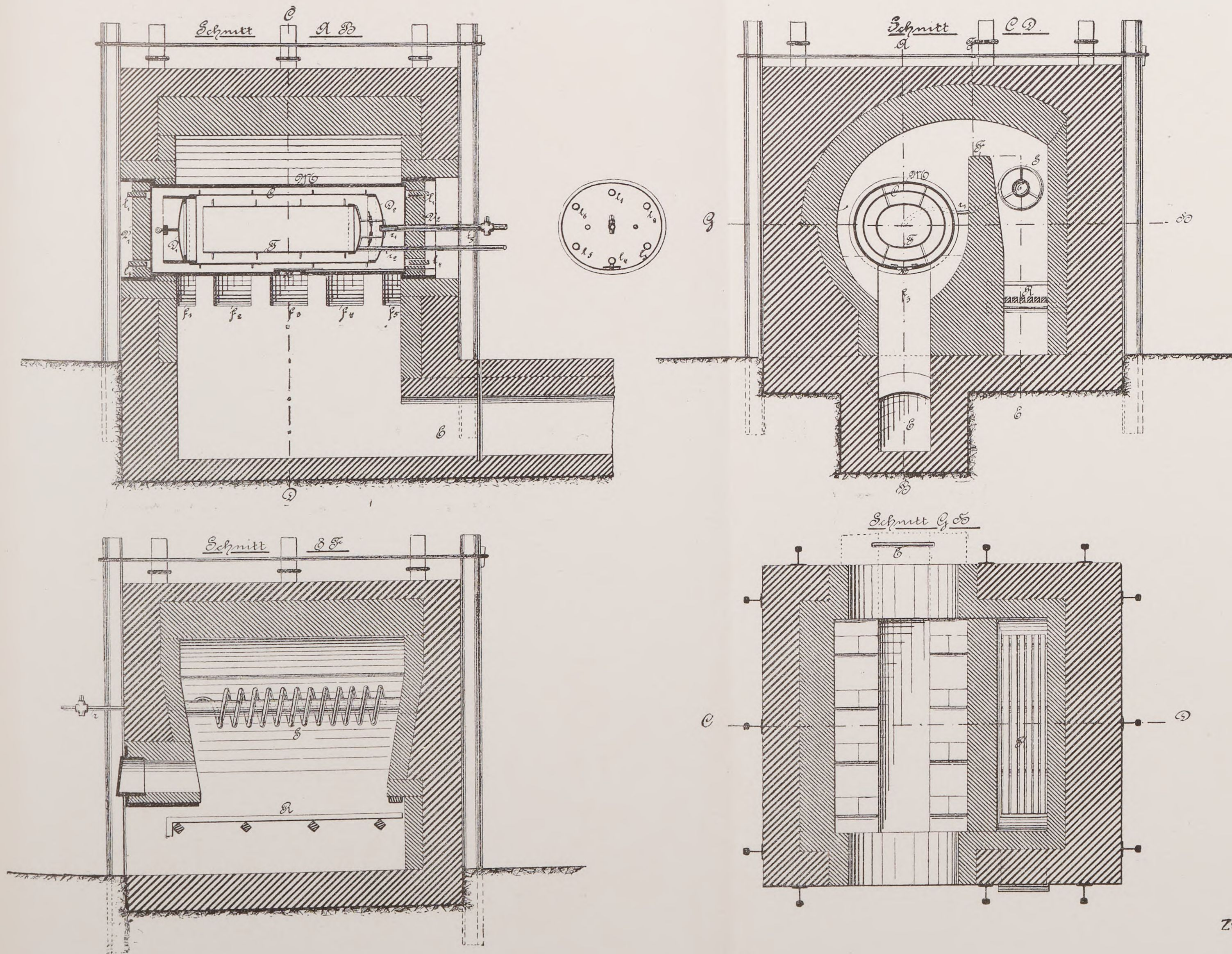
Eine Wiedergewinnung der benutzten Gase aus dem, dem Verkohlungs cylinder entweichenden Gasgemisch läßt sich ebenfalls einrichten.

Patent-Ansprüche:

1. Ein Verfahren zur Herstellung von Kohle aus organischen Stoffen (z. B. Holz, Torf, Stroh, Hanf), bei welchem sowohl die Verkohlung als auch das Löschen und Kühlen mittels solcher Gase (z. B. Kohlensäure, sauerstofffreie Ver-

HERMANN GÜTTLER IN REICHENSTEIN I. SCHL.

Verfahren zur Herstellung, zum Löschen und Kühlen von Kohle, vornehmlich zum Zwecke der
Fabrikation von Schiefs- und Spreng-Präparaten.



Zu der Patentschrift.

№ 42470.

1877

1877

1877

1877

1877

1877

1877

1877

1877

brennungsprodukte) bewirkt wird, welche gegen den behandelten Rohstoff chemisch indifferent sind, also bei entsprechender Herabsetzung ihrer Wärme die Verkohlungs sicher zu unterbrechen vermögen.

2. Ein zur Ausführung des unter 1. gekennzeichneten Verfahrens bestimmter Ofen, sofern der Überhitzer (*S*) im Feuerraum liegt und die den Verkohlungsylinder (*C*) enthaltende Muffel (*M*) von den abziehenden Verbrennungsprodukten während des Verkohlungsvorgangs von außen erwärmt wird, wogegen nach dessen Vollendung bzw. während der Kühlung kalte Luft im Muffelinnern um den Verkohlungsylinder kreist.

II. Deutsches Reichs-Patent Nr. 44 078.

Neuerung an Öfen zur Herstellung, zum Löschen und Kühlen von Kohle, namentlich für die Fertigung von Schieß- und Sprengmitteln. (S. Tafel VII.)

Bei der praktischen Durchführung des durch Patent Nr. 42 470 geschützten Verfahrens haben sich an dem dazu benutzten Ofen konstruktive Änderungen als wünschenswert erwiesen, welche in ihrer Gesamtwirkung seine Leistungsfähigkeit steigern, sowie die gewonnene Kohle verbessern sollen.

Gewisse pulverförmige oder in verfilztem Zustand befindliche Stoffe, z. B. Holzmehl, Gespinstfasern, behindern das gleichmäßige Durchströmen des für die Verkohlung, das Löschen und Kühlen benutzten Gases. Dieser Umstand machte nicht nur eine sorgfältigere, den eigentümlichen Eigenschaften der verwendeten Rohstoffe entsprechende Packung der Beschickung des Verkohlungszyinders erforderlich, sondern es mußte auch das Gas durch Einsätze von zweckdienlicher Form gezwungen werden, einen Weg zu nehmen, welcher die erreichbar innigste Berührung mit dem zu behandelnden Stoff gewährleistete.*)

Ein erstes Hilfsmittel, um eine sehr gleichmäßige Kohle, namentlich bei niedrigen Wärmegraden, zu erzielen, besteht darin, den zu verkohlenden Stoff derart vorzubereiten, daß bei möglichst gleichmäßiger Form der einzelnen Elemente dem durchströmenden Gas thunlichst große Oberflächen dargeboten werden; so empfiehlt es sich z. B., das Holz in Gestalt von gerollten oder gelockten

*) Die in der folgenden Beschreibung angezogenen Buchstaben haben, sofern sie sich auch auf Tafel VI vorfinden, die gleiche Bedeutung wie dort.

Spänen bzw. in Form loser Holzwolle zu verwenden, also den Verkohlungsylinder mit „locker schüttenden Elementen“ zu beschicken.

Um eine handlichere Füllung und Entleerung des Cylinders *C* zu ermöglichen, ist er so angeordnet, daß er sich aus der Muffel *M* herausziehen läßt. Dadurch wird zugleich die Leistungsfähigkeit des Ofens gesteigert, indem, während man das Kühlen der fertigen Kohle nunmehr außerhalb des Ofens bzw. der Muffel *M* vornimmt, ein zweiter Verkohlungsylinder eingesetzt und mit dem Gaserhitzer in geeignete Verbindung gebracht werden kann.

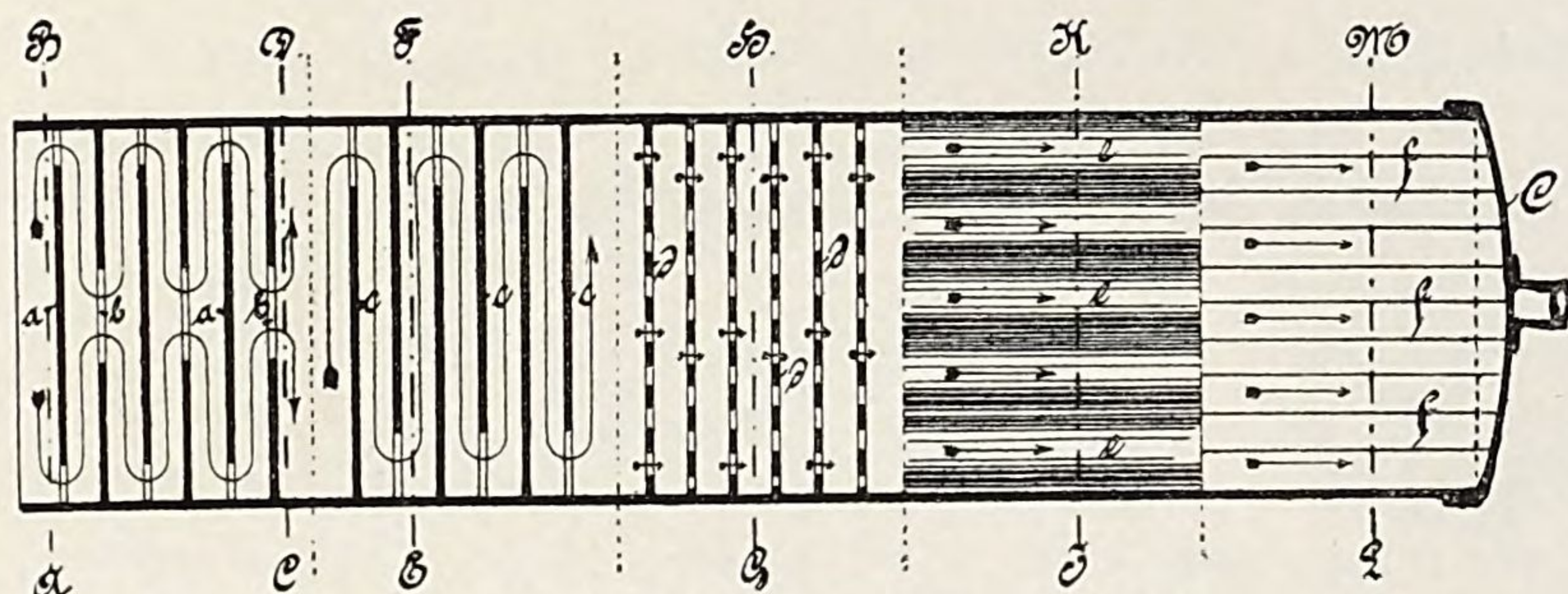
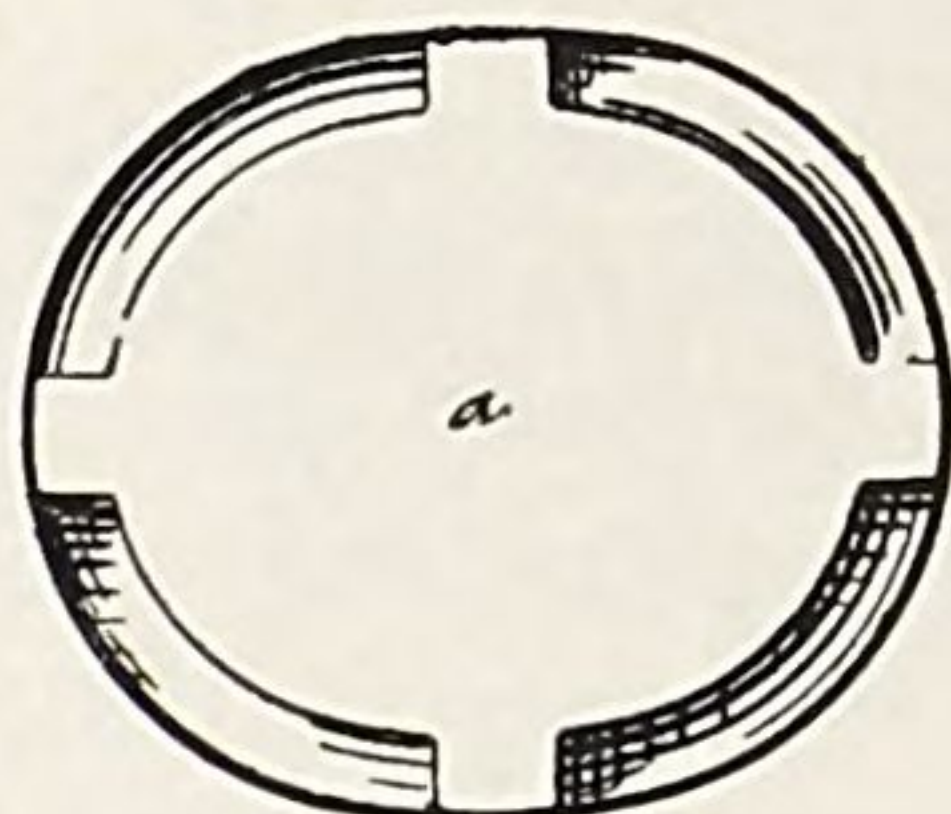
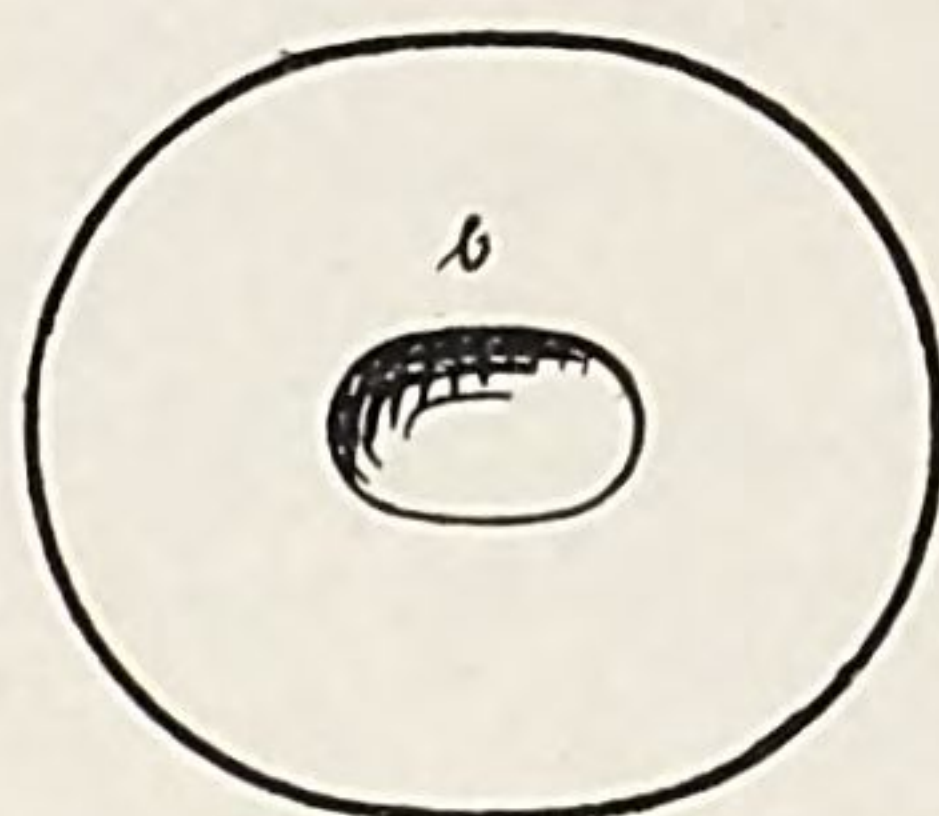
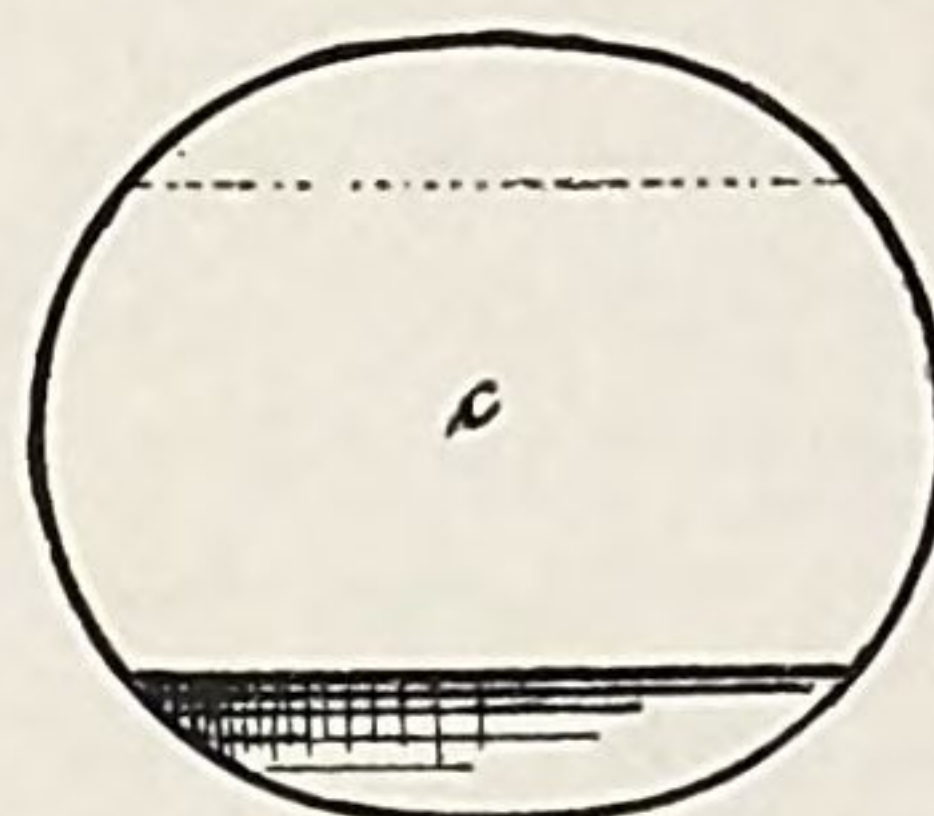
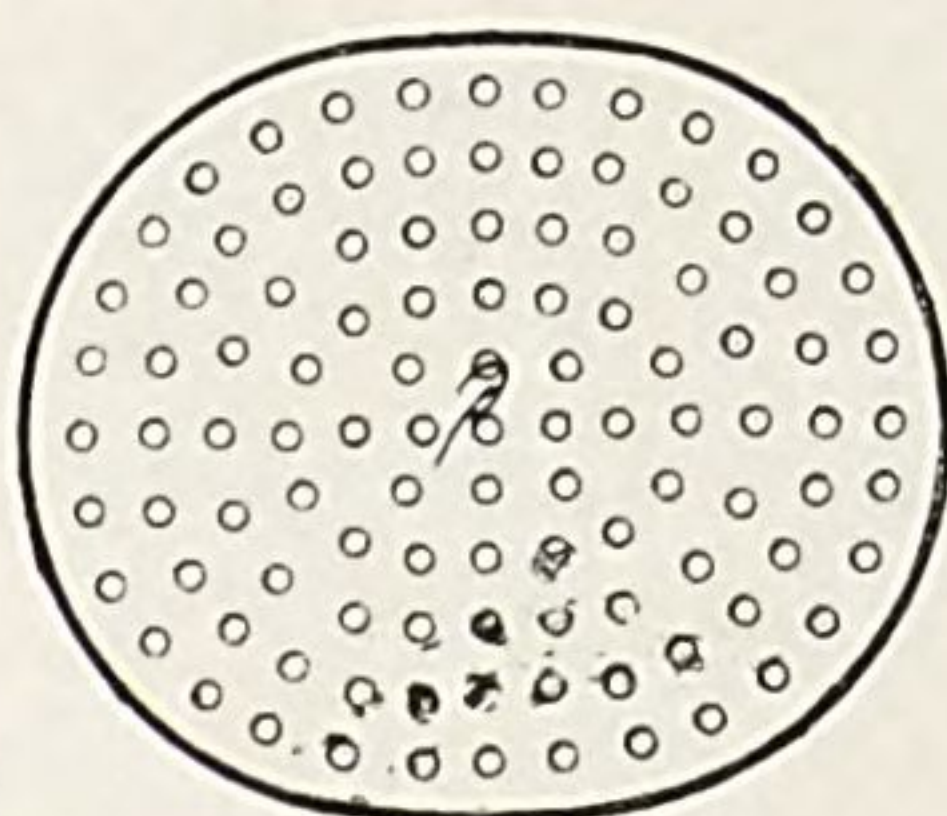
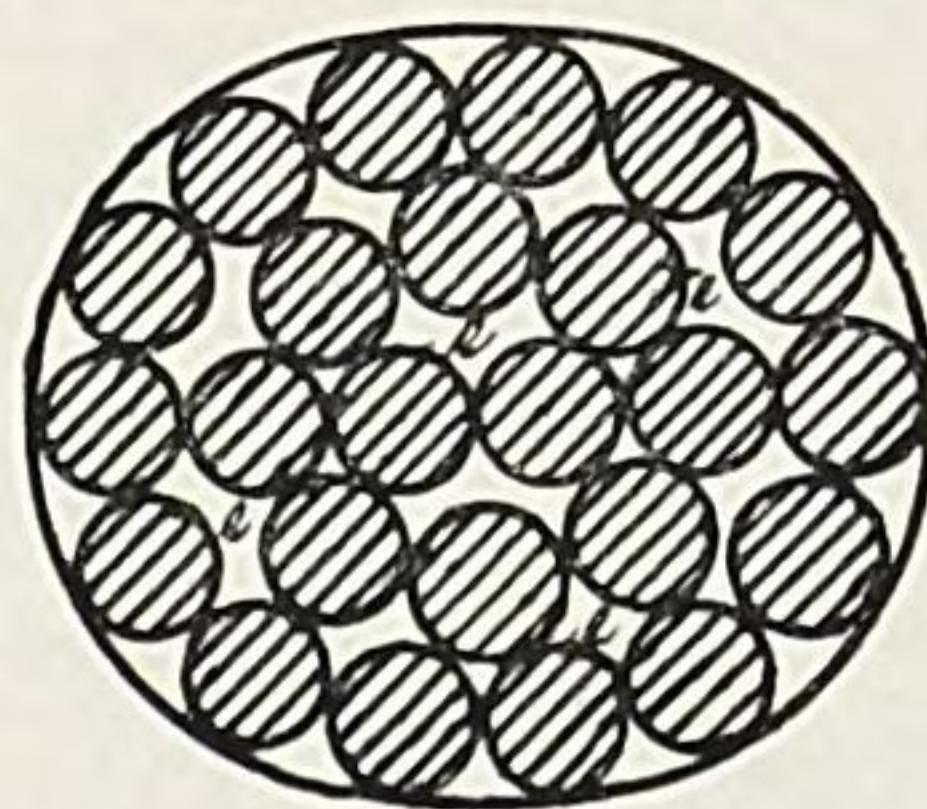
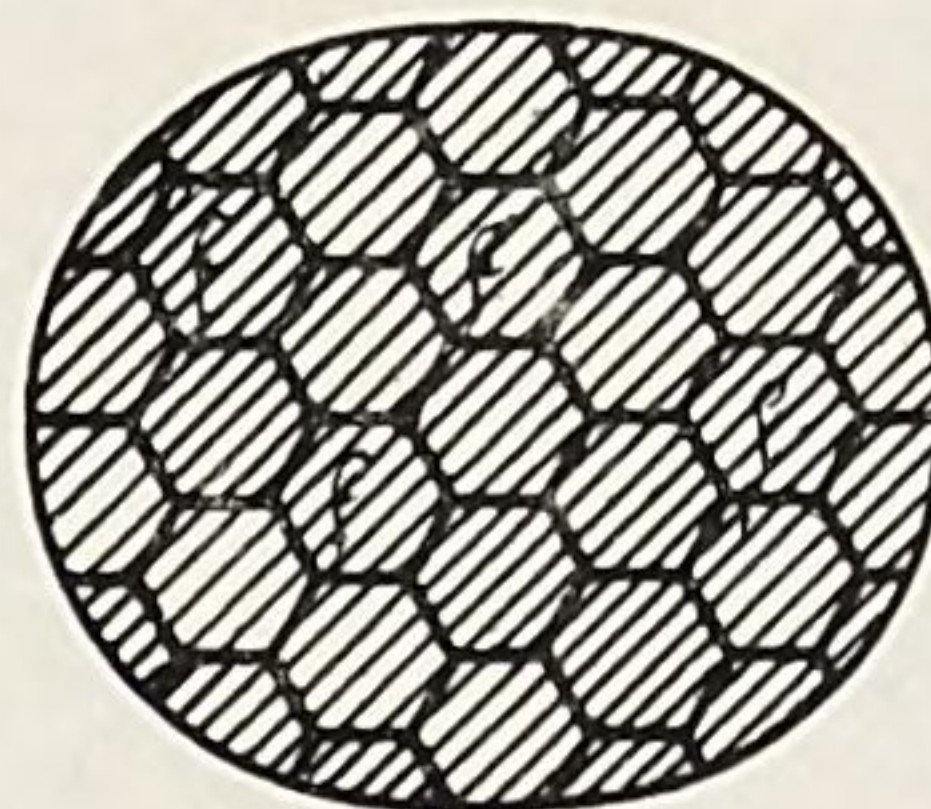
Auch hinsichtlich der Wärmeverhältnisse im Ofen und dessen Haltbarkeit ist die Vornahme des Kühlens außerhalb der Muffel *M* nicht ohne günstigen Einfluß, obgleich die hier in Frage kommenden Wärmeschwankungen noch in solchen Grenzen liegen, daß sich keine allzu schädliche Einwirkung fühlbar macht.

Um eine thunlichst innige Berührung der wärmetragenden Gase mit dem zu behandelnden Stoff zu sichern, werden erstere gezwungen, vorgeschriebene Wege zu machen, und zwar durch Einsätze, wie sie auf Tafel VII unter *a b c d e* und *f* dargestellt sind. Die Einsätze in Scheibenform *a b c* und *d* nötigen die Gase, Zickzackwege, wie durch die Pfeile auf der Zeichnung angedeutet, zu nehmen, und bewirken außerdem noch eine Trennung des zu behandelnden Rohstoffs in dünne gesonderte Schichten, die eine gleichmäßige Packung erheblich erleichtern. Die Einsätze der Form *e* und *f* bilden Hülsen, welche mit dem zu verkohlenden Stoff gefüllt und in den Verkohlungsylinder entsprechend eingesetzt werden. Sie beseitigen die durch das Eigengewicht der zu verkohlenden Stoffe bedingten Dichteunterschiede in den oberen und unteren Schichten der Beschickung.

Bei den runden Hülsen, deren Abmessungen man den besonderen Eigenschaften des einzubringenden Rohstoffs anpaßt, kann das durchströmende Gas auch den zwischen den einzelnen Hülsen befindlichen freien Raum durchströmen. Bei Hülsen von Bienenzellenform, wie *f* solche darstellt, können entweder sämtliche Hülsen gefüllt oder einige leer sein; die Hülsen von der Form *e* und *f* lassen sich parallel zur Achse des Verkohlungsylinders oder winklig zu ihr einschachteln; auch können ihre Abmessungen wechseln und die Hülsen selbst aus massivem oder durchlochem Blech, aus Drahtgeflecht u. s. w. hergestellt werden; mit einem Wort: man vermag die Art der Packung leicht der Eigenart des

HERMANN GÜTTLER IN REICHENSTEIN (SCHLESIEN).

Neuerung an Oefen zur Herstellung, zum Löschen und Kühlen von Kohle, vornehmlich zum Zwecke der Fabrikation von Schiefs- und Sprengpräparaten.

Schnitt A B.Schnitt C D.Schnitt E F.Schnitt G H.Schnitt I K.Schnitt L M.

Zu der Patentschrift

№ 44078.

REPORT OF THE COMMISSIONER OF THE GENERAL LAND OFFICE

IN RESPONSE TO A RESOLUTION OF THE HOUSE OF COMMONS
PASSED ON THE 11TH MARCH 1881

THE LAND OFFICE HAS THE HONOUR TO ACKNOWLEDGE THE RECEIPT OF THE
REPORT OF THE COMMISSIONER OF THE GENERAL LAND OFFICE
IN RESPONSE TO A RESOLUTION OF THE HOUSE OF COMMONS
PASSED ON THE 11TH MARCH 1881

THE LAND OFFICE HAS THE HONOUR TO ACKNOWLEDGE THE RECEIPT OF THE
REPORT OF THE COMMISSIONER OF THE GENERAL LAND OFFICE
IN RESPONSE TO A RESOLUTION OF THE HOUSE OF COMMONS
PASSED ON THE 11TH MARCH 1881

THE LAND OFFICE HAS THE HONOUR TO ACKNOWLEDGE THE RECEIPT OF THE
REPORT OF THE COMMISSIONER OF THE GENERAL LAND OFFICE
IN RESPONSE TO A RESOLUTION OF THE HOUSE OF COMMONS
PASSED ON THE 11TH MARCH 1881

Rohstoffs anzupassen. Auf diese Weise können auch verschiedenartige Kohlehydrate gleichzeitig verkohlt werden, um gewisse Mischkohlen von erprobter Wirkung zu erzielen.

Die Gesamtwirkung aller angegebenen Hilfsmittel sichert eine gesteigerte Leistung des Ofens und ein erheblich verbessertes Produkt.

Patent-Anspruch:

Bei dem in Anspruch 2. des Patents Nr. 42470 geschützten Ofen die Vorrichtungen:

1. daß der Verkohlungsylinder (*C*) in der Muffel (*M*) ausziehbar angeordnet ist, und
2. daß durch Einsätze im Verkohlungsylinder (*C*), und zwar durch massive oder gelochte Scheiben (*a b c d*) oder Hülsen (*e f*), das zum Verkohlen, Löschen und Kühlen benutzte Gas gezwungen wird, vorgeschriebene Wege zurückzulegen.

III. Deutsches Reichs-Patent Nr. 81 584. Verkohlungssofen. (S. Tafel VIII und IX.)

Die weitere Entwicklung des durch Patent Nr. 42 470 geschützten Verfahrens ließ es, besonders für die niedrigen Verkohlungsstufen (Dörrungen), z. B. bei Cellulose in Pappen-, Span- oder Rollform, zweckdienlich erscheinen, von der äußeren Heizung der Muffel *M* abzusehen und die ganze Wärmezufuhr ausschließlich durch die Hitze des zur Verkohlung dienenden indifferenten Gases zu bewirken. Es kommt somit die Feuerung durch den Rost *R* in Fortfall, und an seine Stelle tritt eine für die Darstellung des heißen Gases geeignete Vorrichtung, z. B. ein Gaserzeuger (Schwelgaserzeuger), welcher das indifferente Gas in passender Zusammensetzung und Wärme liefert. Es ist also eine Trennung der zur Erhitzung des indifferenten Gases benutzten Feuerung von dem eigentlichen Verkohlungssofen durchgeführt.

Die neue Einrichtung zeigt im wesentlichen dieselben Teile wie der ältere Ofen, nur ist sie, der bequemerer Handhabung wegen, nicht mehr mit liegendem, sondern mit stehendem Verkohlungsylinder ausgeführt. Tafel IX giebt die äußere Ansicht des im Betriebe befindlichen Ofens wieder, während Tafel VIII in Bild 1 seinen senkrechten Mittenschnitt veranschaulicht. Er trägt im Innern der Muffel *M* den Verkohlungsylinder *C*, welcher wiederum

die zur Aufnahme des zu verkohlenden Stoffs bestimmte ausziehbare Trommel T umschließt.

C sowohl wie T sind mit entsprechenden, den gegenseitigen Abstand bestimmenden Rippen oder Bolzen versehen. Der Verkohlungs-cylinder C ist durch einen Gelenkdeckel D^1 verschlossen. Die Muffel M wird von dem Gehäuse G umgeben, welches der Gelenkdeckel D^2 verschliesst; sie trägt einen Ring R mit den Löchern $o^1 o^2 \dots$ (Bild 2; Oberansicht), der den Abstand vom Gehäuse G sichert. Am untern Ende von G befinden sich die Löcher $l^1 l^2 \dots$ (Bild 3; Schnitt nach 3—3, Bild 1), die mit ausziehbaren Stöpseln $s^1 s^2 \dots$ verschlossen sind. Die Einströmung der heißen, die Verkohlung bewirkenden Gase findet durch das Rohr r^1 , der Abzug der Destillationsprodukte mit dem zur Verkohlung benutzten Gase durch das Rohr r^2 statt. Die Regelung der Zu- und Abströmung wird durch die Hähne H^1 und H^2 bewirkt. Zur Beobachtung der erforderlichen Verkohlungswärme sind in den Rohren r^1 und r^2 Pyrometer angeordnet. Der Betrieb gestaltet sich folgendermaßen:

Nachdem die Trommel T mit dem zu verkohlenden (zu dörrenden) Stoff in den Verkohlungs-cylinder C eingesenkt ist, wird dieser durch den Gelenkdeckel D^1 , das Gehäuse G mittels des Gelenkdeckels D^2 , sowie die Löcher $l^1 l^2 \dots$ durch die Stöpsel $s^1 s^2 \dots$ geschlossen; somit entsteht zwischen dem Verkohlungs-cylinder C und dem äußeren Gehäuse G eine abgeschlossene Luftschicht, welche während der Dauer der Erwärmung nicht erneuert wird. Nunmehr findet durch das Rohr r^1 die Einführung des die Verkohlung bewirkenden indifferenten heißen Gases statt, das den durch Pfeile angedeuteten Weg nimmt, um schließlich mit den Destillationsprodukten durch das Rohr r^2 zu entweichen. Nach vollendeter Verkohlung wird die Kühlung in derselben Weise bewirkt, wie im Patent Nr. 42 470 ausführlich beschrieben; geht die Kühlung im Ofen selbst vor sich, so beschleunigt man die Abkühlung des Verkohlungs-cylinders C von außen durch Öffnen des Gelenkdeckels D^2 und durch Herausziehen der Stöpsel $s^1 s^2 \dots$; es findet dann ein lebhafter Luftwechsel in dem Raum zwischen dem Gehäuse G und dem Verkohlungs-cylinder C dadurch statt, daß die warme Luft aus diesem Raum $o^1 o^2 \dots$ des Ringes nach oben entweicht, durch die geöffneten Löcher $l^1 l^2 \dots$ des Gehäuses G kältere Außenluft nachsaugt und so eine kräftige Kühlung des Verkohlungs-cylinders C bewirkt.

Fig. 1.

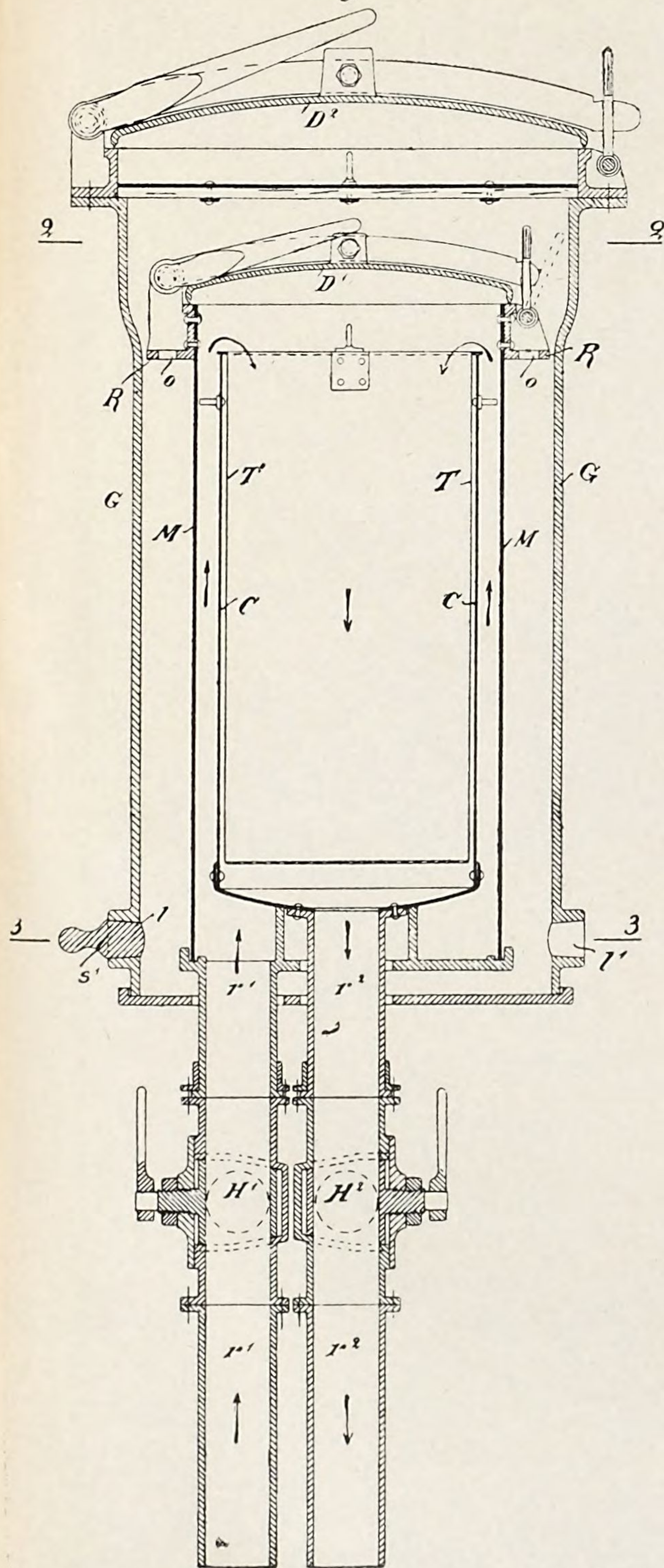


Fig. 2.

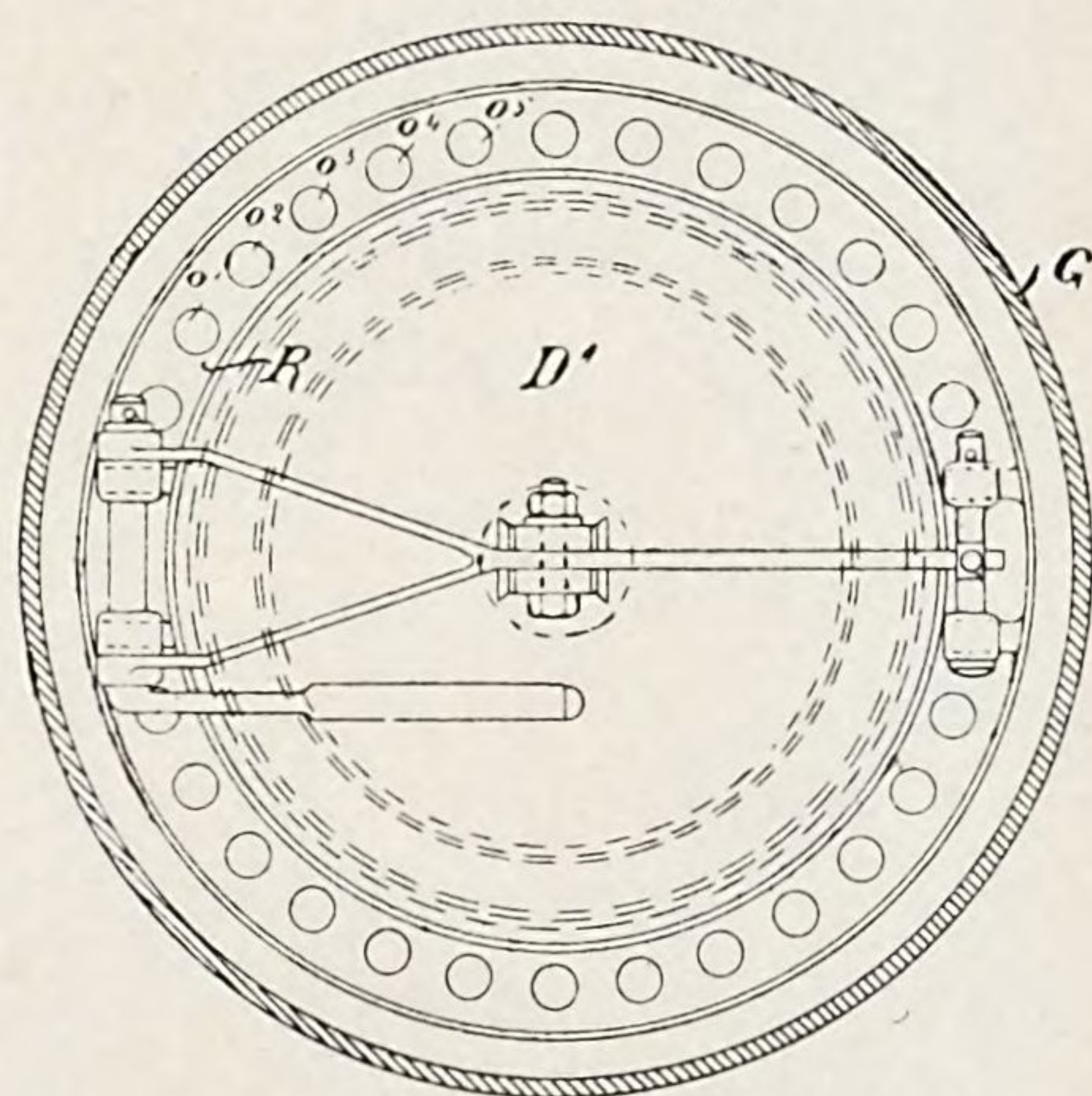
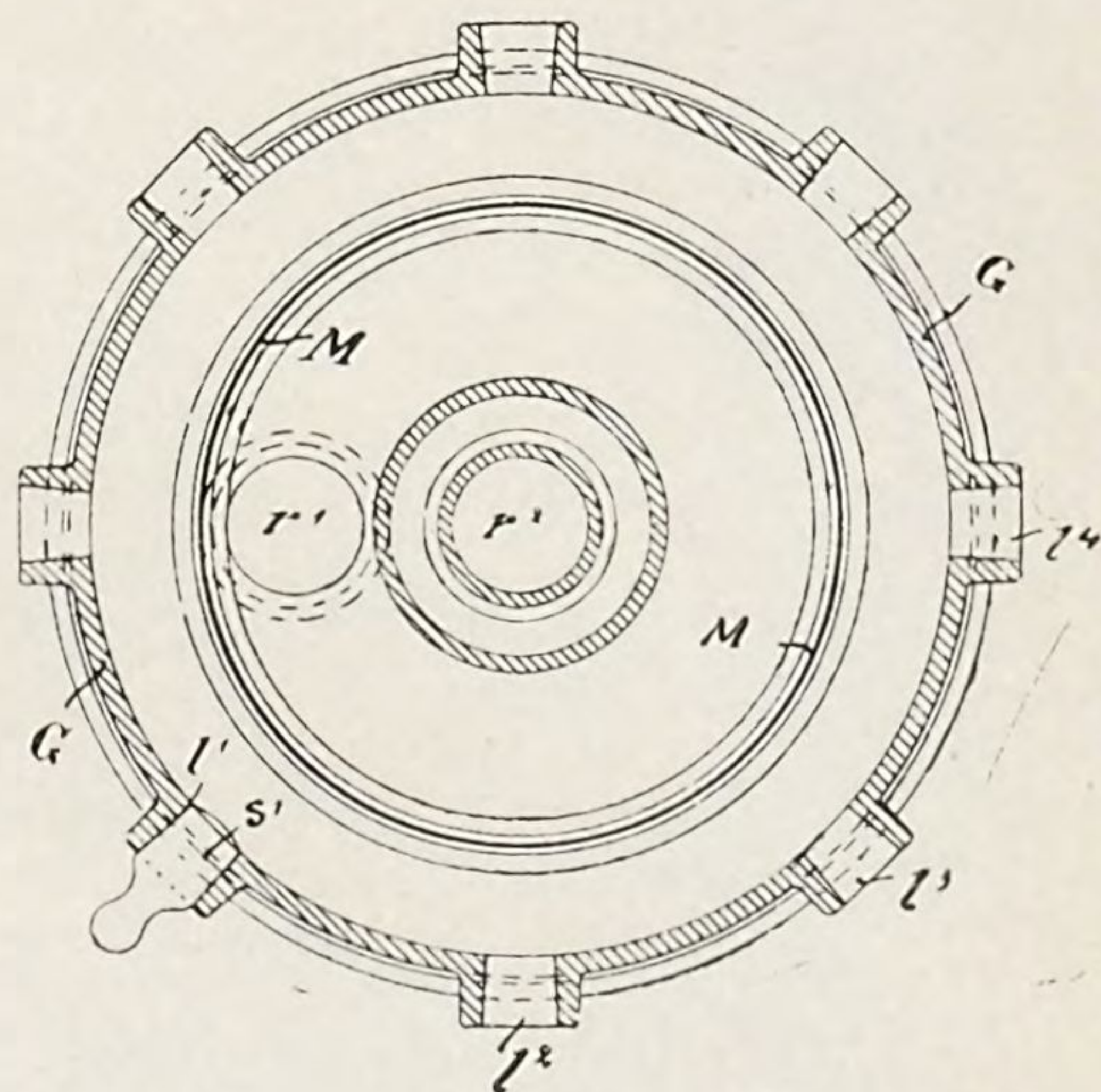
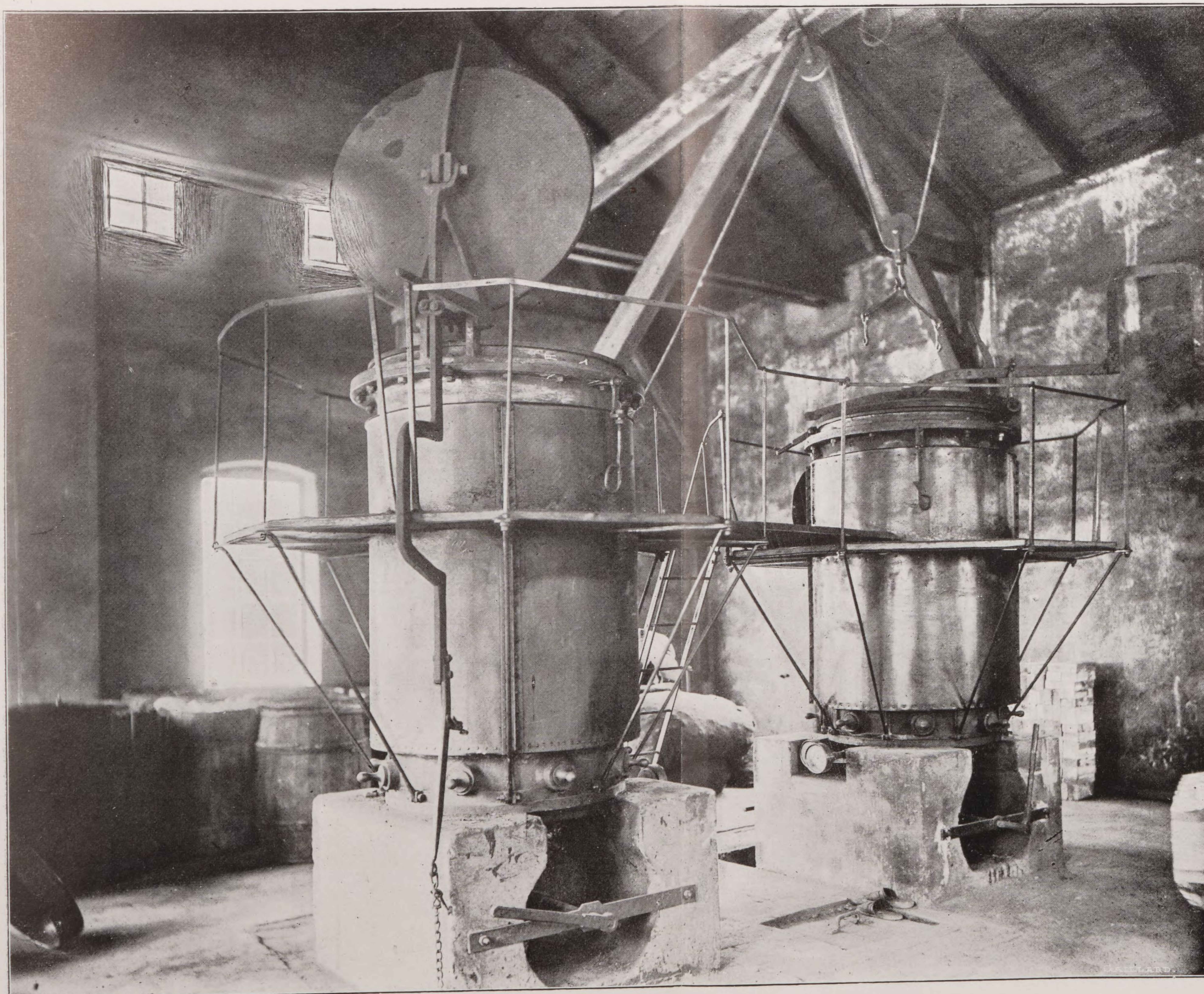


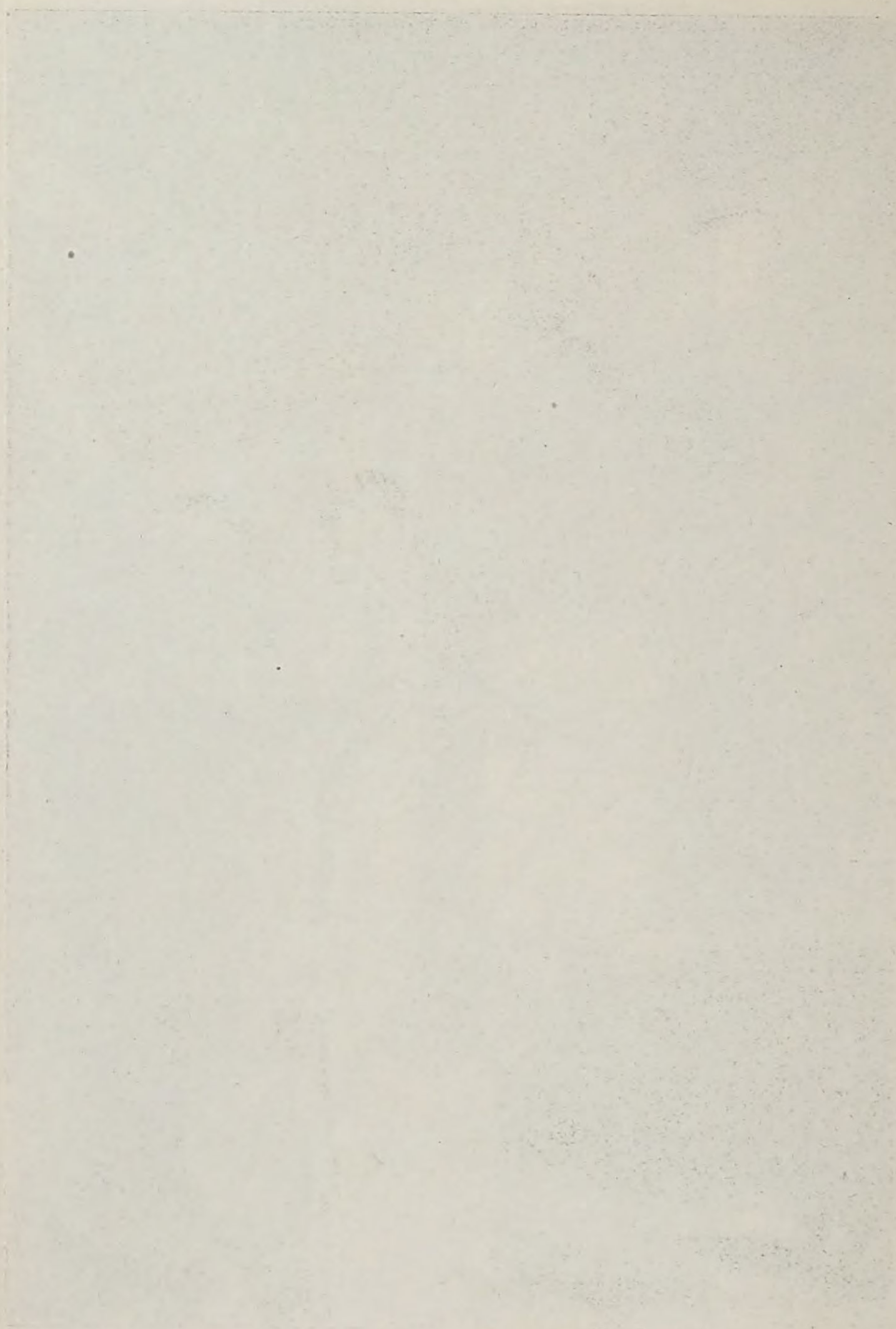
Fig. 3



Verkohlungsofen.
(Deutsches Reichs-Patent No. 81 584.)



Maifritzdorf.



Patent-Anspruch:

Ein zur Ausführung des durch Patent Nr. 42 470 geschützten Verfahrens bestimmter Ofen, bei welchem die Erwärmung des Verkohlungs-cylinders (*C*) im Innern der Muffel (*M*) ausschließlich durch die Wärme der zur Verkohlung benutzten indifferenten Gase derart bewirkt wird, daß eine Erwärmung der Muffel (*M*) von außen überhaupt nicht stattfindet.

Anlage 2.

Die chemische Beständigkeit der Nitro-Explosivstoffe und ihre Prüfung.

Die nachstehende Abhandlung bildet im wesentlichen — mit geringen Kürzungen und Umstellungen — die Wiedergabe eines Vortrags, welchen der auf dem weiten Gebiet der Theorie und Praxis der gesamten Explosivstoff-Industrie bereits rühmlichst bekannte Herr Oskar Guttman am 5. April 1897 vor der „Society of chemical industry“ in London gehalten hat*) und der sehr geeignet erscheint, die Aufmerksamkeit aller beteiligten Kreise auf diese ebenso sinnreiche wie gründliche Behandlung einer Angelegenheit zu lenken, welche für die rauchschwachen Stickstoffpulver und die ihnen verwandten Sprengstoffe die Bedeutung einer Lebensfrage im weitesten Umfang des Worts beanspruchen darf.

I. Ursachen der Zersetzung.

In chemischem Sinne können die Nitro-Explosivstoffe als ziemlich lose verbunden bezeichnet werden. Einer Wärme von rund 180° ausgesetzt, explodieren sie fast alle; doch schon weit unter diesem Wärmegrad findet ein Zerfallen der Moleküle statt, welches sich in der Entwicklung von salpetriger Säure zeigt, und hat sich diese einmal gebildet, so führt sie rasch zur Zersetzung. Spricht man daher von der chemischen Beständigkeit der Nitro-Explosivstoffe, so handelt es sich vorzugsweise um die Frage, welche Umstände die Zersetzung dieser Stoffe unter Entwicklung von salpetriger Säure verursachen können.

Die hauptsächlichsten Nitro-Explosivstoffe sind gegenwärtig:

*) „The chemical stability of nitrocompound explosives“. Deutsche Ausgabe in der „Zeitschrift für angewandte Chemie“, Heft 8 und 9 vom 15. April und 1. Mai 1897.

Nitrocellulose (gleichviel ob sie aus Baumwolle, Holz oder anderm Pflanzenzellstoff gefertigt ist) und Nitroglycerin oder Mischungen dieser beiden; ferner Nitrobenzol, Nitrotoluol, Pikrinsäure, Pikrate u. s. w. Alle diese Stoffe werden heute in so vollkommener Weise hergestellt, daß die einzig mögliche Ursache ihrer Zersetzung auf der Einwirkung der Wärme beruht. Doch können auch Zusätze, welche teils zur Neutralisierung freier Säuren, teils zur Milderung oder Verschärfung der Explosivwirkung beigelegt werden, die chemische Beständigkeit beeinflussen; ebenso unter Umständen die mechanische Behandlung bei der Fertigung.

Sir Frederick Abel war der erste, welcher feststellte, daß die verschiedenen Unglücksfälle mit der ursprünglichen Schießwolle von Schönbein und von Lenk einer unvollständigen Entfernung der zum Nitrieren der Baumwolle benutzten Säuren zuzuschreiben seien. Sir Frederick empfahl das Holländern der Schießwolle, wodurch deren Fasern so gründlich geöffnet wurden, daß das Waschwasser leicht eindringen konnte. Dies Verfahren giebt der Schießwolle einen hohen Grad von Beständigkeit; immerhin bleibt mitunter, infolge ungenügenden Abcentrifugierens der Säure, eine größere Menge der letzteren als gewöhnlich in der Schießwolle zurück, und da man meist nur eine bestimmte Anzahl von Waschungen vornimmt, so kann es vorkommen, daß die Schießwolle nach beendetem Kochen und Waschen immer noch zu sauer ist, um eine gute Wärmeprobe (s. unter II) zu geben. Selbstredend läßt sich dies mit einiger Aufmerksamkeit leicht vermeiden.

Den — von der englischen Regierung nicht mehr vorgeschriebenen — Zusatz von Alkalien, wie Natrium-, Calcium- oder Magnesiumcarbonat, wendet man immer seltener an. Herr Guttman hat zuerst darauf hingewiesen, daß dieser Zusatz in Schießwolle und Nitroglycerin durchaus unnütz ist und lediglich auf einer Täuschung beruht. Geht in dem Explosivstoff eine wirkliche Zersetzung vor sich, so wird die kleine Menge Alkali bald verbraucht sein, während manche Alkalien geradezu die Neigung haben, die Nitrokörper zu zersetzen, so daß sie mehr Schaden als Nutzen stiften. Ein gehörig gereinigter Explosivstoff wird unter gewöhnlichen Verhältnissen der Aufbewahrung praktisch für immer beständig bleiben, ohne das geringste Zeichen von Zersetzung zu verraten. Es giebt kein besseres Beispiel als die Flasche Nitroglycerin, welche in der Nobelschen Fabrik zu Avigliana aufbewahrt wird. Dies ist das

erste Nitroglycerin, das Professor Sobrero im Jahre 1847 herstellte, und es wird seitdem alljährlich geprüft, hat aber bis jetzt noch keine Verschlechterung der Beständigkeit gezeigt. *)

Daß die mancherlei Alkalien, welche behufs Neutralisierung zugesetzt werden, sehr verschieden wirken, wurde von Dr. Dupré im Bericht der Königlichen Explosivstoff-Inspektoren von 1887 nachgewiesen. Der Genannte fand, daß, wenn man Calcium- oder Magnesiumcarbonat zu Gelatinedynamit hinzufügt, dies die Wärmeprobe nicht erheblich beeinträchtigt; dagegen hat Natriumcarbonat eine ungewisse Wirkung, indem es in schlechten Mustern die Dauer der Wärmeprobe zu erhöhen, in guten Mustern sie herabzusetzen strebt. Das stimmt vollkommen mit dem vorhin Gesagten überein: in einem schlechten Muster wird Natriumcarbonat die schon entwickelte Säure neutralisieren, während es ein gutes Muster zu zersetzen geneigt ist. Nach den eigenen Erfahrungen des Herrn Guttman ruft der Zusatz von Ammoniumcarbonat zu Sprenggelatine zum Zweck der Neutralisierung von Säuren eine hochgradige Zersetzung hervor; die Schießwolle verschwindet zum Teil und das Nitroglycerin schwitzt dermaßen aus den Kisten aus, daß Wände und Fußboden des Lagerraums buchstäblich naß werden. Ammoniak, welches aus dem Ammoniumcarbonat so leicht frei wird, wirkt lebhaft auf Nitrokörper ein und viel mehr auf Schießwolle als auf Nitroglycerin.

Für Pikrinsäure und Pikrate, Nitrobenzol, Nitrotoluol u. s. w. gilt ähnliches wie für Schießwolle. Wenn sie gehörig gewaschen und von der Säure befreit werden, sind sie beständig, und der Grad ihrer Beständigkeit hängt bloß von der vollständigen Entfernung der Säuren ab. In manchen dieser Nitrokörper kann größere Reinheit durch Umkrystallisieren, in andern durch wiederholtes Waschen erzielt werden, wenn nötig, unter Zusatz von Alkalien, um die freien Säuren leichter anzugreifen.

Nitroglycerin, als ölige Flüssigkeit, läßt sich nicht so leicht reinigen, da es schwer fällt, es in so kleine Teilchen zu zerlegen, daß diese von den Reinigungsmitteln angegriffen werden können. Früher benutzte man sehr ursprüngliche Waschvorrichtungen, wie z. B. ein in die Erde versenktes Petroleumfaß zur

*) Auch im pharmaceutischen Institut der Universität Breslau befindet sich eine Nitroglycerinprobe, die vom Geheimen Regierungsrat Professor Dr. Poleck vor ungefähr 45 Jahren dargestellt worden und noch heut völlig unzersetzt ist.

Anmerkung des Verfassers.

Aufnahme des Nitroglycerins und ein durchlöchertes Brett mit Stange zum Rühren. Heut bedient man sich zur gründlichen Durchmischung des Nitroglycerins mit den Waschflüssigkeiten der gepreßten Luft, welche zugleich die niedern Nitrokörper oxydiert, die gewöhnlich das unreine Produkt begleiten. Bei Nitroglycerin kann es auch vorkommen, daß eine größere Menge von Säure bei der Abscheidung mit abgezogen wird, und man muß dann häufiger waschen. Um die Hauptmenge der Säure zu neutralisieren, setzt man dem Waschwasser Natriumcarbonatlösung oder Soda in Pulverform zu und entfernt die zurückgebliebene Säure durch wiederholtes Waschen mit warmem oder kaltem Wasser oder mit stark verdünnter Sodalösung.

Vor einigen Jahren kam Herrn Guttman der Fall vor, daß tagelang keine Nitroglycerin-Beschickung die Wärmeprobe bestehen konnte, obgleich sehr oft und sorgsam gewaschen wurde. Man verdächtigte das Glycerin und die Schwefelsäure; die Reinheit der Salpetersäure, welche nach Herrn Guttman's Verfahren erzeugt war, wurde nicht bezweifelt. Nach sorgfältiger Prüfung in großem Maßstab mit vollkommen reinem Glycerin und Schwefelsäure zeigte sich jedoch, daß die verwendeten Rohstoffe keine Schuld traf, während die einfache Erklärung, welche Herr Guttman von vornherein gab, sich als richtig erwies, nämlich, daß der Bottich nicht genügend gereinigt war. Bekanntlich wird Nitroglycerin in Bleibottichen hergestellt, und obgleich man meinen sollte, daß durch die Mischung von Salpeter- und Schwefelsäure nur Bleisulfat gebildet würde, so ist doch dies Bleisulfat von schwammiger, poröser Beschaffenheit und hält salpetrige Verunreinigungen mechanisch zurück. Dies ist besonders dort der Fall, wo die Oberfläche der Flüssigkeit mit der Luft in Berührung kommt. Kleine Mengen von Bleisulfat aus verschiedenen Teilen des Bottichs, von denen Spuren zu Nitroglycerin-Mustern von unzweifelhafter Güte zugesetzt wurden, drückten die Wärmeprobe sofort in auffallender Weise herab. Die Erklärung ergab sich nun von selbst. Kleine Teilchen des Bleisulfats lösen sich stets vom Bleibottich ab und schwimmen im Nitroglycerin herum. Sie werden durch das Waschen mit gepreßter Luft in die Höhe getrieben und haben wenig Zeit, sich abzusetzen. Wasser allein entfernt die salpetrigen Verunreinigungen nicht, außer nach sehr langer Behandlung, und daher gelangen geringe Mengen in die zu prüfenden Muster.

Eine ähnliche Möglichkeit, allerdings von entgegengesetzter Art, wurde von Herrn Guttman vermutet und auch auf dem Wege des Versuchs bewiesen durch Waschen von Nitroglycerin mit Soda. Fügt man Soda in Pulverform statt in Lösung hinzu, so schlägt sich Sodaschlamm nieder, von dem kleine Mengen auf Lackmuspapier eine deutlich alkalische Reaktion geben; wenn jedoch ein Tropfen Nitroglycerin darauf gebracht wird und einige Zeit stehen bleibt, so erhält man an der Berührungslinie zwischen Nitroglycerin und Sodaschlamm eine saure Reaktion, welche beweist, daß das Nitroglycerin angegriffen wurde.

Von diesen verhältnismäßig einfachen Nitrokörpern wandte sich der Vortragende zu Mischungen, wie z. B. Sprenggelatine. Man darf daraus, daß zwei Nitrokörper unter der Einwirkung von Wärme sehr beständig sind, keineswegs folgern, daß eine Mischung beider gleich beständig sein werde; es giebt viele Umstände, welche das Gegenteil verursachen können. Sprenggelatine z. B. wird dargestellt, indem man lösliche Schießwolle in Nitroglycerin mittels Erwärmung auflöst. Nun kann sich (s. unten) salpetrige Säure aus manchen Nitrokörpern bei viel niedrigeren Wärmegraden entwickeln als die amtliche Wärmeprobe vorschreibt; es hängt deshalb sehr von der bei Lösung der Schießwolle angewendeten Wärme, sowie von der mechanischen Behandlung der Sprenggelatine ab, ob diese den gleichen Grad der Beständigkeit besitzt wie ihre Bestandteile oder einen geringeren. Dasselbe kann bei Mischungen von Pikraten, Lösungen von Nitrobenzol und Schießwolle, geschmolzenen Nitrokörpern mit niedrigem Schmelzpunkt u. s. w. vorkommen. Bei der Fertigung von rauchschwachem Blättchenpulver wird die Masse häufig unter Walzen, die mit Dampf geheizt sind, zu dünnen Tüchern ausgewalzt. Auch bearbeitet man die Masse längere Zeit in Knetmaschinen, wobei ihre Wärme sich erhöht. Diese Behandlung vermindert die Dauer der Wärmeprobe, da, wie schon erwähnt, erhöhte Wärme die örtliche Bildung von salpetriger Säure begünstigt; und wenn diese einmal begonnen hat, so entwickelt sie sich schneller als früher.

Viele der im Gebrauch befindlichen Explosivstoffe sind Mischungen einer Anzahl Bestandteile von oft sehr verwickelter Beschaffenheit, und der Einfluß dieser Bestandteile wurde bisher, soviel bekannt, nicht genügend geprüft.

Sowohl aus Dynamit wie aus Sprenggelatine kann das Nitroglycerin ausschwitzen, wenn es von dem Saugmittel nicht genügend

festgehalten wird. Dies ist eigentlich keine chemische, sondern nur eine mechanische Unbeständigkeit. Bei Dynamit hängt das Ausschwitzen sowohl von der Saugfähigkeit der Kieselguhr wie vom Einfluß der Wärme ab, welcher das Dynamit während der Lagerung unterworfen wird. Ist die Wärme zu niedrig, so friert das Nitroglycerin in dem Explosivstoff und vermindert seinen Rauminhalt um nahezu $\frac{1}{10}$; es verläßt die äußeren Schichten des Saugstoffs, und wenn der Explosivstoff wieder aufgetaut wird, verteilt es sich möglicherweise nicht gleichmäßig wie früher durch die Masse des porösen Saugstoffs. Bei zu hoher Wärme dehnt sich das Nitroglycerin aus und wird, wenn die Kieselguhr mit ihm von vornherein vollständig gesättigt war, ausschwitzen.

Auch der Einfluß der Feuchtigkeit auf Dynamit ist zu berücksichtigen, weil Wasser das Nitroglycerin durch Osmose verdrängt und an seine Stelle tritt. Bei Sprenggelatine ist die Beschaffenheit der verwendeten löslichen Schießwolle von großer Wichtigkeit, da bekanntlich weder ihr Prozentgehalt an Stickstoff, noch die vollständige Löslichkeit der Schießwolle in Nitroglycerin einen zuverlässigen Maßstab für ihre Fähigkeit bildet, Nitroglycerin dauernd und sicher festzuhalten.

Die Möglichkeit, daß Dynamit oder Sprenggelatine durch Wärme beeinflusst werden, wächst mit der Anzahl der Bestandteile, aus denen sie zusammengesetzt sind. Im Dynamit ist nicht, wie man glauben könnte, allein das Nitroglycerin zu berücksichtigen. Vor etwa 12 Jahren fand man, daß sich aus vollkommen gutem Nitroglycerin und anscheinend tadelloser Kieselguhr brauchbares Dynamit nicht herstellen ließ. Die nähere Prüfung ergab, daß die Kieselguhr außer Spuren von Eisen und verkohlten organischen Bestandteilen vom Rösten verhältnismäßig große Mengen Aluminiumsulfat enthielt. Schon geringe Spuren davon übten einen zersetzenden Einfluß auf das Nitroglycerin aus, so daß sich salpetrige Säure entwickelte.

II. Die Jodprobe und ihre Mängel.

Um zu bestimmen, ob ein Explosivstoff bei Wärmegraden zersetzlich ist, die unter den gewöhnlichen Bedingungen der Aufbewahrung und des Gebrauchs vorkommen können, wurden verschiedene Mittel vorgeschlagen, welche sämtlich die Gegenwart von salpetriger Säure anzeigen sollten.

In Österreich ist es noch immer gesetzlich vorgeschrieben,

daß sich in jeder Kiste Dynamit ein Streifen Lackmuspapier befinden muß, damit der Lagerverwalter beim Öffnen der Kiste sehen könne, ob das Dynamit sauer wurde oder nicht. Oberst Heß vom österreichischen Militärkomitee erwärmte den Explosivstoff und führte die Dämpfe in eine Lösung von Jodkalium.

In einigen andern Ländern wird der Explosivstoff einer Wärme zwischen 100 und 135° C. während eines Zeitraums von einem Tage bis zu einer Woche ausgesetzt, und die Abwesenheit roter Dämpfe gilt als ein Zeichen der Beständigkeit.

In England hat das Ministerium des Innern, wie es scheint auf Vorschlag des Dr. Dupré, eine Probe vorgeschrieben, welche jedem, der mit Explosivstoffen zu thun hat, geläufig ist, nachdem sie in fast allen Ländern angenommen wurde. Sie besteht darin, daß der Explosivstoff im Probiergläschen einer bestimmten Wärme (gegenwärtig 170° F. (= 76²/₃° C.) für Schießwolle und 180° F. (= 82²/₉° C.) für die meisten andern Explosivstoffe) ausgesetzt wird; man vermerkt dann die Anzahl Minuten, welche vergehen, bis auf einem Stückchen Jodkalium-Stärkekleisterpapier, das mit einer Lösung von gleichen Teilen Glycerin und Wasser befeuchtet und an einem Glashaken durch einen Kautschukstöpsel hindurchgesteckt ist, eine braune Linie von gewisser Deutlichkeit erscheint. In Deutschland wird statt des Jodkalium- Jodzinkstärkepapier verwendet.

Als das englische Ministerium des Innern die Jodprobe auf die rauchschwachen Pulver übertragen wollte, hatte es wahrscheinlich bedeutende Schwierigkeiten zu überwinden; denn wie sich später zeigen wird, verhalten sich diese Pulver manchmal sehr launisch gegen die vorgeschriebene Wärmeprobe. Die Schwierigkeit wurde scheinbar beseitigt durch die Anordnung, daß Schultze- und E. C.-Pulver u. s. w. in einem Trockenofen bei 120° F. (= 48⁸/₉° C.) getrocknet und vor Ausführung der Probe zwei Stunden an die Luft gebracht werden solle, während Cordit und ähnliche rauchschwache Pulver in einer Mühle gemahlen und dann durch drei Siebe gesiebt werden, von deren mittlerem die zu untersuchende Probe zu entnehmen ist.

Unglücklicherweise können sich bei der Jodprobe manche eigenartige und unvorhergesehene Einflüsse geltend machen, durch die das Ergebnis vollständig verschleiert und unbrauchbar wird, wie aus folgenden Beispielen hervorgeht:

Vor einigen Jahren hatten verschiedene Fabrikanten große Schwierigkeiten, weil ihr nach Australien verfrachtetes Gelignit

bei der Ankunft die Wärmeprobe nicht bestehen konnte, weshalb einige Sendungen verworfen und vernichtet wurden. Wenn solche Explosivstoffe in Segelschiffen, bei dicht geschlossenen Luken, ohne Lüftung, durch die glühende Sonne der Äquatorialzone gehen und im Sommer in Indien oder Australien ankommen, dann muß der Fabrikant vorsichtig einen genügenden Spielraum für die Wärmeprobe lassen und ungeeignete Stauung im Schiffe verhindern. Nichtsdestoweniger hat sorgfältige Herstellung, Behandlung und Prüfung des Gelignits vor dem Versand und nach einjähriger Lagerung erwiesen, daß es in manchen Fällen die Wärmeprobe in England bestand, während es in Australien verworfen wurde. Nach eingehender Untersuchung des Falls kam Herr Guttman zu der Überzeugung, daß das Holzmehl daran schuld sei. Es ist wesentlich, daß der Explosivstoff so wenig Feuchtigkeit wie möglich enthält, und deshalb wird das Holzmehl einem Trockenverfahren unterworfen, welches man in einigen Fabriken so weit treibt, daß das Holzmehl eine helle Chokoladenfarbe annimmt, während es in andern Fabriken einfach einer Wärme von ungefähr 120° ausgesetzt wird, um alle Feuchtigkeit zu entfernen. Gewöhnlich geschieht das Trocknen des Holzmehls in eisernen Trommeln mit oder ohne Rührwerk, welche durch gelindes Feuer erwärmt werden. Wenn das Holzmehl leicht angekohlt ist, so tritt natürlich eine teilweise Destillation und damit die Entwicklung von Essigsäure ein; aber selbst bei verhältnismäßig niedriger Wärme kann sich diese örtlich aufspeichern und kleine Verkohlungsknollen bilden, die sich vielleicht rasch ausbreiten. Diese verkohlten Teile wurden gewöhnlich nicht berücksichtigt. Essigsäure hat auf Jodkalium eine starke Einwirkung, und die folgende Zusammenstellung der ausgeführten Versuche läßt erkennen, daß die Essigsäure, welche während des Trocknens des Holzmehls gebildet wird, die Wärmeprobe wesentlich beeinflusst.

Explosivstoff	Zusatz	Wärmeprobe in Minuten		
		vor Zusatz	nach Zusatz	Verlust
Gelatine f. Gelignit	Holzmehl u. Kalisalpeter	31	20	11
desgl.	Holzmehl	33	20	13
desgl.	desgl.	50	29	21
desgl.	Kalisalpeter	34	32	2
Nitroglycerin	3 Tropfen Essigsäure	30	3	27

Gleichzeitig mit der Entwicklung von Essigsäure wird auch etwas Methylalkohol gebildet, und wenn das Gelignit ein Alkali enthält, wie Natriumcarbonat, dann verursacht die Gegenwart des

Alkohols, daß das Alkali den Nitrokörper viel rascher zersetzt. Andererseits ist nicht anzunehmen, daß die Gegenwart von Essigsäure in Gelnit, welches kein Alkali enthält, einen schädlichen Einfluß auf seine Beständigkeit gegen Wärme ausübt, oder daß sie die Nitrokörper zersetzt, und es unterliegt deshalb kaum einem Zweifel, daß Gelnit wegen zu niedriger Wärmeprobe verworfen werden konnte, obgleich die Nitrokörper und thatsächlich der ganze Explosivstoff vollkommen beständig waren. Das Gelnit vermag die Wärme lange Zeit auszuhalten, ohne daß salpetrige Säure entwickelt wird, und dennoch kann eine Reaktion auf dem Jodkaliumpapier erfolgen lediglich durch die Gegenwart der unschädlichen Essigsäure.

Ein anderer Fall: Im September 1895 wurde Herrn Guttman von Herrn Hermann Güttler in Reichenstein die auffallende Thatsache vorgeführt, daß, während er bei der Jodprobe mit Plastomenit eine Reaktion erhielt, Walsrode-Pulver entweder gar keine Reaktion gab oder erst nach stundenlanger Erwärmung, und daß sogar die durch die Wärmeprobe bereits hervorgerufene braune Linie fast augenblicklich verschwand, wenn man das Papier in ein Probierröhrchen mit Walsrode-Pulver steckte. Diese Thatsache war so befremdend, daß Herr Guttman nach seiner Rückkehr Gelegenheit nahm, auf die Frage in Verbindung mit andern näher einzugehen. Es wurde ihm sofort klar, daß Walsrode-Pulver einen Stoff enthalten müsse, der das auf dem Stärkepapier frei gewordene Jod beeinflusse. Er fand aber auch, wie leicht begreiflich, daß, wenn er ein gefärbtes Jodkaliumpapier in eine leere Probierröhre gab und diese auf $82\frac{2}{9}^{\circ}$ erwärmte, das Papier in ungefähr 5 Minuten durch Verdampfung des Jods wieder weiß wurde. Das deutsche Zinkjodidpapier zeigte sich empfindlicher als das englische Papier; man erhielt damit Reaktionen in einer um ein Drittel kürzeren Zeit und konnte das Jod in ungefähr der Hälfte der Zeit verschwinden machen.

Obgleich Herr Guttman durch diese Erscheinung einige Tage von der Spur abgelenkt wurde, fand er doch bald, daß die zum Entfärben des Jodkaliumpapiers erforderliche Zeit viel zu lang war, um einen so augenfälligen Einfluß auszuüben, wie er sich bei dem Walsrode-Pulver zeigte. Es ergab sich ferner, daß altes Walsrode-Pulver raschere Wärmereaktion gab als solches von jüngerer Fertigung.

Ohne noch weiter bei den Einzelheiten der vielen Hunderte von Versuchen zu verweilen, welche der Vortragende ausführte, um in zweifelloser Weise alle mit diesem Verschwinden des Jods verbundenen Umstände aufzuklären, wandte er sich unmittelbar zu den endgültigen, ziemlich überraschenden Schlüssen, zu denen er gelangt war.

Bekanntlich giebt es eine große Menge von Körpern, welche entweder Jod absorbieren, wie z. B. Fette und Öle, oder unter gewissen Bedingungen sich mit Jod verbinden oder Jod lösen. Er vermochte nun nachzuweisen, daß in rauchschwachen Pulvern zahlreiche Bestandteile enthalten sein können und enthalten sind, welche die Jodkalium-Wärmereaktion verhindern. Im Vordergrund stehen Essigäther, Aceton und Öle, aber auch Vaseline, Anilin und verschiedene andre.*)

Je größer die Dichte des Pulvers, desto schwieriger ist es, das bei seiner Fertigung verwendete Lösungsmittel wieder auszutreiben. Manche Pulver halten bis zu 1 % Aceton, Essigäther u. s. w. zurück, andre nur kleine Bruchteile eines Prozents. Eine so geringe Menge des Lösungsmittels macht sich zwar durch den Geruch nicht bemerklich; ist aber das Pulver gemahlen und im Probierröhrchen erwärmt, so zeigt sich doch stets, daß sich im Innern der Pulverkörperchen noch eine gewisse Menge des Lösungsmittels befindet. Letzteres oder ein anderer Bestandteil, der auf Jod einwirkt, verhindert die Bildung der braunen Linie auf dem Reagenspapier, weil, sobald Jod durch salpetrige Säure entwickelt wird, das Lösungsmittel oder der Bestandteil es auch wieder verschwinden läßt. Dies „Verschleiern“ der Wärmeprobe bewirkt, daß selbst bei einem Pulver, welches sich in voller Zersetzung befindet, das Lösungsmittel, wie Aceton oder Essigäther, eine Zeitlang die Bildung der braunen Linie verhindern kann, bis entweder die Entwicklung der salpetrigen Säure überwiegenden Einfluß ge-

*) Früher — d. h. vor der Entdeckung des Herrn Guttman — wurde die mögliche Ursache des Fehlschlagens der Jodprobe zuweilen dem Vorhandensein von schwefliger Säure zugeschrieben. Man war der Ansicht, daß dieser Stoff besonders leicht in die bei der Fertigung mit Essigäther behandelten rauchschwachen Pulver gelangen könne, weil die Darstellung des Äthers durch Destillation von holzessigsauerm Kalk mit Schwefelsäure selten ohne eine erhebliche Beimengung von schwefliger Säure vor sich gehe, deren letzte Spur gewöhnlich durch Neutralisierung mit Alkalien zugedeckt werde; schweflige Säure besitze aber die Eigenschaft, die Färbung der Jodstärke durch salpetrige Säure entweder überhaupt zu verhindern oder doch den sichtbar gewordenen Streifen sofort wieder zu entfärben. Anmerk. d. Verf.

wonnen hat, oder bis ein Teil des Lösungsmittels neben dem Stöpsel entwichen ist.

Es kann daher nicht auffallen, daß mit einem Pulver, welches nach dem Patent von Hiram S. Maxim dargestellt wurde und das aus 88 % Schießwolle, 10 % Nitroglycerin und 2 % Ricinusöl, mit Aceton als Lösungsmittel, bestand, selbst nach zweistündiger Erwärmung bei 90° C. zuweilen noch keine Wärmereaktion erzielt werden konnte. Dasselbe, wenn auch in geringerem Maße, trat mit Walsrode-Pulver und mit Cordit ein. Bei dem Cordit verhielten sich Jodkaliumpapiere, welche von zwei verschiedenen Chemikern hergestellt waren, ganz verschieden. Papier A gab die Wärmereaktion erst nach der doppelten Zeit wie Papier B. Als aber die Papiere mit einem andern Pulver geprüft wurden, war die Reihenfolge umgekehrt: Papier B zeigte die Reaktion doppelt so spät wie Papier A. Der Unterschied war jedoch nicht einer Verschiedenheit in der Empfindlichkeit der Reagenspapiere zuzuschreiben.

Im Hinblick auf die hohen Wärmegrade, denen Öle unterworfen werden können, ohne zu sieden oder sichtbare Dämpfe abzugeben, erschien es wenig glaublich, daß das im Pulver enthaltene Öl die Wärmeprobe verschleiern könne; die größere Wahrscheinlichkeit sprach für den Einfluß des Acetons allein; indes fand sich bald, daß z. B. Ricinusöl schon bei ziemlich niedriger Wärme flüchtige Bestandteile verhältnismäßig leicht abgibt. Eine 25 mm hohe Schicht Ricinusöl wurde in einem Becherglas einer Wärme von 180° F. (= 82 $\frac{2}{9}$ ° C.) während 30 Minuten ausgesetzt, was der Durchschnittszeit und Wärme der amtlichen Wärmeprobe gut entspricht; das Ricinusöl verlor dabei 0,245 % an Gewicht, was selbstverständlich ein viel höherer Prozentsatz ist, als notwendig wäre, um die geringe Menge von Jod auf dem Reagenspapier zu absorbieren. Ferner erfuhren 20 g Ricinusöl, die in einer flachen Glasschale einer Wärme von 38° C. 72 Stunden hintereinander ausgesetzt wurden, einen Gewichtsverlust von 0,656 %.

Es schien durchaus nicht wahrscheinlich, daß Vaseline die Wärmeprobe verschleiern könne; aber ein ziemlich launisches Benehmen von Cordit gab Anlaß, dieser Frage in einem andern Sinne näherzutreten. Sowohl Ricinusöl wie Vaseline wurden in heißem Äther aufgelöst und von drei Proben Schießwolle aus demselben Muster die eine mit 5 ccm Äther allein, die andre mit 3 Tropfen Ricinusöl, aufgelöst in 5 ccm Äther, und

die dritte mit geschmolzener Vaseline in derselben Menge Äther begossen. Nachdem diese drei Proben im Trockenofen einer Wärme von 40° C. unterworfen waren, um den Äther auszutreiben, wurden die Wärmeproben vorgenommen. Die Dauer war wie folgt:

Schießwolle allein	9 Minuten
„ und 3 Tropfen Ricinusöl	19 „
„ und 3 Tropfen Vaseline von Cheseborough	44 „

Da während des Trocknens der fertigen Explosivstoffe, die Ricinusöl oder Vaseline enthielten, möglicherweise flüchtige Bestandteile ausgetrieben werden konnten, welche die Wärmeprobe beeinflussten, so wurde Mineralgallerte (Vaseline) 72 Stunden hintereinander einer Wärme von 38° C. ausgesetzt und der Verlust hierbei = 0,061 % gefunden. 3 Tropfen dieses Rückstandes von der so behandelten Vaseline und von Ricinusöl löste man dann in Äther wie vorher, wobei ein andres Muster Schießwolle von guter Beschaffenheit verwendet wurde.

Die Wärmeprobe lieferte folgendes Ergebnis:*)

Schießwolle allein, mit Äther begossen	16 Minuten
Schießwolle mit dem in Äther gelösten, getrockneten Ricinusöl	32 „
Schießwolle mit der in Äther gelösten, getrockneten Mineralgallerte	22 „
Schießwolle mit der in Äther gelösten, ungetrockneten Mineralgallerte	22 „

Sonach war unzweifelhaft bewiesen, daß es eine Anzahl Bestandteile rauchschwacher Pulver giebt, welche die Wärmeprobe verschleiern; zugleich war leicht ersichtlich, weshalb manche Pulver sich bei der Jodprobe so launisch verhalten. Ein Pulver z. B., das am Abend gemahlen und sofort geprüft wurde, gab eine längere Dauer der Wärmeprobe, als wenn man es erst am nächsten Morgen prüfte. Grob gemahlene Körner lieferten eine schlechtere Wärmeprobe als fein gemahlene. Mitunter gab ein Pulver, das viele Monate aufbewahrt war, eine bessere Wärmeprobe als ein frisch bereitetes. Dies alles ist dem Grade der Zerteilung des Pulvers zuzuschreiben, mit dem die Wärmeprobe angestellt wird, sowie der größeren oder geringeren Menge

*) Alle vergleichenden Wärmeproben wurden mit 1,500 g Explosivstoff bei 80° C. vorgenommen, weil diese Werte des metrischen Systems den in England vorgeschriebenen 25 grains und 180° F. in runden Zahlen am nächsten liegen.

von Aceton oder andern Bestandteilen, welche zurückgehalten wurden und während der Dauer der Wärmeprobe verdampft werden konnten. Überdies ist die bisher zum Mahlen benutzte Mühle so eingerichtet, daß das Pulver nicht zerrieben, sondern bloß zersplittert wird; zwar verwendet man nur solche Körner für die Probe, die auf einem gewissen Siebe liegen bleiben; aber es kommen doch beträchtliche Unterschiede in der Größe vor, wodurch verschiedene Mengen von Lösungsmitteln entwickelt werden können.

Alle diese Versuche bewiesen endgültig, daß die Jodkaliumwärmeprobe, wie sie gegenwärtig vorgeschrieben ist, für die meisten rauchschwachen Pulver und auch für manche Sprengstoffe nicht angewendet werden kann, weil das Jod, welches in Freiheit gesetzt werden soll, von einigen in den Explosivstoffen enthaltenen Bestandteilen angegriffen wird. Berücksichtigt man, daß die Wärmeprobe eine der Hauptgrundlagen für die Bestimmung der Geeignetheit eines Pulvers zu längerer Aufbewahrung ist, und daß alle Staaten eine ähnliche amtliche Probe vorgeschrieben haben, so ist die Wichtigkeit, welche Herrn Guttmanns Entdeckung beanspruchen darf, unverkennbar. Ein Fabrikant und auch die Staatsfabriken können sich unmöglich der Gefahr aussetzen, ihre Lieferungen zurückgewiesen zu sehen und mitunter lediglich durch ein ungenügendes Prüfungsverfahren große Geldverluste zu erleiden.

Es erschien Herrn Guttmann indes geraten, vor dem Verzicht auf einen alten bewährten Freund diesen durch einen andern zu ersetzen. Er stellte sich deshalb die Aufgabe, ein Verfahren zu finden, welches durch Bestandteile des Explosivstoffs nicht verschleiert werden kann, das nur durch die während der Wärmeprobe entwickelte salpetrige Säure beeinflusst wird und das sich zugleich möglichst in ähnlicher Weise wie die Jodprobe anwenden läßt.

III. Die Diphenylaminprobe und ihre Vorzüge.

Herr Guttmann richtete sein Augenmerk auf alle die verschiedenen Reagentien, welche während der letzten 40 Jahre für die Entdeckung kleiner Mengen salpetriger Säure vorgeschlagen wurden. Mehrere davon schieden ohne weiteres aus, weil ihre Herstellung zu umständlich war, oder weil sie eine chemische Behandlung des Explosivstoffs erforderten, oder endlich weil sie letzteren selbst angriffen. Ein Reagens, in welchem der Explosiv-

stoff aufgelöst oder mit dem er gemischt werden müßte, empfahl sich gleichfalls nicht, da hierbei genaue Zeitbestimmungen nicht zu erhalten waren.

Reagentien für salpetrige Säure wurden vorgeschlagen von Grieb (Mischung aus Sulfanilsäure und Naphthylamin), von Plugge (Quecksilbernitrat und Carbonsäure), Jorrissen (Fuchsin in Eisessig gelöst), Vogel (Rosanilin), Meldola (Paraamidobenzolazodimethylanilin), Curtmann (Antipyrin), Kopp (Diphenylamin), Frankland (Sulfanilsäure und Phenol) und Grieb (salzsaures m-Phenylendiamin).

Herrn Guttmanns Bestreben ging dahin, ein Reagens zu erhalten, welches eine ähnliche und ebenso einfache Anwendung wie die Jodprobe gestattete und das mit dem Explosivstoff auch nicht in Berührung zu kommen oder eine chemische Verbindung einzugehen brauchte.

Von den verschiedenen Reagentien schienen sich Antipyrin, Metaphenylendiamin, Fuchsin und Diphenylamin am meisten zu empfehlen. Antipyrin mußte bald aufgegeben werden, weil es nur eine blasse smaragdgrüne Farbe hervorruft, die nicht genügend zu unterscheiden ist. Metaphenylendiamin reagiert gelb, zeigte sich aber zu unsicher in seiner Wirkung, die bei künstlichem Licht nicht gut sichtbar wird. Die Vorschrift von Jorrissen und Vogel für die Verwendung von Fuchsin besagt, daß 0,01 g in 100 ccm Eisessig gelöst werden sollen. Diese Lösung erwies sich zu stark für den vorliegenden Zweck, weshalb der Eisessig mit Wasser verdünnt wurde. Ein Tropfen der Fuchsinlösung auf dem Reagenspapier giebt eine wunderschöne Reaktion mit salpetriger Säure. Die Farbe verwandelt sich von lichtem Kardinalrot in Violett, dann allmählich in Himmelblau, Grün, Gelb und verschwindet endlich vollständig. Als Nachteil ist anzuführen, daß freie Mineralsäure die Fuchsinlösung sofort gelb färbt. Die Hoffnung, dies Reagens verwenden zu können, erfüllte sich indes nicht, weil viele Versuche mit verschiedenen Explosivstoffen ergaben, daß die Veränderung von Rot in Blau, die ein sicheres Zeichen der Entwicklung von salpetriger Säure bilden sollte, durchaus nicht regelmäßig stattfand. Manchmal erschien die violette Farbe unmittelbar vor der blauen; aber zuweilen verwandelte sich das Rot sofort in Violett und es brauchte sehr lange Zeit, bevor eine blaue Farbe überhaupt zum Vorschein kam.

Alle Anstrengungen wurden deshalb auf die Diphenylamin-

reaktion gerichtet, welche, wie bekannt, eine sehr empfindliche und gute ist. Der übliche Weg, wie z. B. Auflösen des Diphenylamins in konzentrierter Schwefelsäure und Zusetzen eines Tropfens zu dem zu prüfenden Wasser, konnte jedoch nicht eingeschlagen werden, da die starke Schwefelsäure nicht ohne Einwirkung auf das Reagenspapier geblieben und zugleich die Reaktion ohne Verdünnung der Lösung nicht genügend empfindlich wäre. Diphenylamin löst sich leicht genug in starker Schwefelsäure; wenn aber diese Lösung mit Wasser verdünnt wird, so scheidet das Diphenylamin wieder aus. Es wurden daher verschiedene Auskunftsmittel versucht, wie z. B. Aufbringen eines Tropfens der Diphenylaminlösung auf eine matte Glasplatte, dann auf eine Milchglasplatte, dann Eintauchen von Pergamentpapier in die Lösung; aber in allen diesen Fällen hing ein Tropfen am unteren Ende, der einer großen Menge salpetriger Säure bedurfte, um sich zu färben, während es sich doch darum handelte, schon ganz geringe Mengen davon zu entdecken.

Brachte man einige Tropfen Wasser in einem Kolben mit konzentrierter Schwefelsäure zusammen, so löste die entwickelte Wärme das Diphenylamin; fügte man allmählich mehr Wasser hinzu, so wurde noch mehr Wärme entwickelt, und es konnte auf diese Weise eine klare Lösung von Diphenylamin im Verhältnis von 1 zu 500 erhalten werden. Um eine zu rasche Verdampfung des Wassers vom Reagenspapier zu verhüten, wurden gleiche Mengen dieser Lösung mit doppelt destilliertem Glycerin von Price vermischt. Ein Tropfen dieser Mischung auf dem Reagenspapier erwies sich als ein ausgezeichnetes Reagens für salpetrige Säure. Nachdem die Lösung jedoch einige Monate aufbewahrt war, hatte sich eine rosa gefärbte, flockenförmige Masse niedergeschlagen, offenbar ein Ergebnis der Reaktion der konzentrierten Schwefelsäure auf das Diphenylamin.

Nach längeren Bemühungen ergab sich, daß die Herstellung der Lösung und die Ausführung der Probe in nachstehender Weise allen Ansprüchen genügen, und daß eine so bereitete Diphenylaminlösung lange Zeit hindurch aufbewahrt werden kann.

Man nehme 0,100 g krystallisiertes Diphenylamin, gebe es in einen Kolben mit weitem Halse und eingeriebenem Stöpsel, füge 50 ccm verdünnte Schwefelsäure (10 ccm konzentrierte Schwefelsäure und 40 ccm destilliertes Wasser) hinzu und bringe das Fläschchen in ein Wasserbad, das auf 50 bis 55° C. erwärmt ist.

Bei dieser Wärme schmilzt das Diphenylamin und löst sich sofort in der verdünnten Schwefelsäure, worauf der Kolben herausgenommen, der Inhalt gut geschüttelt und abgekühlt wird. Nach dem Abkühlen füge man 50 ccm doppelt destilliertes Glycerin hinzu, schüttele gehörig und bewahre die Lösung an einem dunklen Ort auf.

Die Wärmeprobe wird auf folgende Art ausgeführt: Die zu prüfenden Explosivstoffe werden fein zerteilt, Schießwolle, Nitroglycerin, Dynamit, Sprenggelatine u. s. w. in derselben Weise, wie bisher durch das englische Ministerium des Innern vorgeschrieben. Rauchschwache Pulver sind sämtlich in einer Glockenmühle (Kaffeemühle) so fein wie möglich zu mahlen und wie früher zu sieben. 1,500 g des Explosivstoffs (bei rauchschwachem Pulver vom zweiten Siebe) werden abgewogen und in ein Probierglas wie seither gegeben. Streifen von gut gewaschenem und getrocknetem englischen Filterpapier oder Streifen irgend eines guten Filterpapiers für chemische Analysen, 25 mm lang, 10 mm breit, hängt man an einer Glasstange mit Haken wie bisher auf. Ein Tropfen Diphenylaminlösung wird mit einem Glasstab aufgenommen und die obere Ecken des Filterpapiers damit berührt, so daß, wenn die zwei Tropfen zusammenlaufen, ungefähr $\frac{1}{4}$ des Filterpapiers befeuchtet ist. Letzteres steckt man dann in das Probierglas und dieses wieder in das vorher auf 70° C. erwärmte Wasserbad. Die Reaktion soll in frühestens 15 Minuten sich zeigen; sie beginnt damit, daß der feuchte Teil des Papiers eine grünlich-gelbe Farbe annimmt, und von diesem Augenblick an ist das Papier sorgsam zu beobachten. Nach 1 oder 2 Minuten wird ein dunkelblauer Streifen plötzlich an der Trennungslinie zwischen dem feuchten und dem trockenen Teile des Filterpapiers erscheinen, und dies ist der Zeitpunkt, welcher vermerkt werden muß.

Herr Guttman glaubt, daß sich dies Prüfungsverfahren als sehr einfach und wirksam allgemein empfehlen und als Norm angenommen werden wird. Einige Erklärungen der Gründe, welche ihn bei der Ausgestaltung mancher Einzelheiten leiteten, sind nachstehend wiedergegeben:

Anstatt daß man das Jodkalium aus Alkohol umkrystallisieren, das Filterpapier sorgfältig waschen, es nach dem Trocknen in die Jodkaliumlösung eintauchen, dann wieder in einem dunklen Raume trocknen, die Ränder abschneiden und das Papier in Streifen zerlegen muß, ohne trotz alledem ein längere Zeit haltbares Reagenspapier zu bekommen, gestattet das neue Verfahren, irgend

ein gutes Analysen-Filterpapier, wie es in Blättern von großer Reinheit geliefert wird, und eine Lösung von Diphenylamin zu verwenden, welche sich erfahrungsmäßig mindestens sechs Monate unverändert hält und die in wenigen Minuten hergestellt werden kann. Die Diphenylaminlösung hat eine Stärke von ungefähr 1 in 1000, auf den Rauminhalt bezogen.

Die Zerteilung des Explosivstoffs erfordert einige Bemerkungen. Bei allen diesen Versuchen muß der Explosivstoff so wenig Feuchtigkeit wie möglich enthalten; sonst wird das Reagenspapier bald ganz durchfeuchtet sein, und die Probe könnte nicht ausgeführt werden. Es ist jedoch nicht ratsam, den Explosivstoff bei höherer Wärme zu trocknen; denn die Versuche haben gezeigt, daß salpetrige Säure in geringen Mengen schon zwischen 45 und 50° C. entwickelt wird, und wollte man den Explosivstoff bei dieser Wärme trocknen, so wäre die Probe nicht genau. Die gegenwärtige Vorschrift des Ministeriums des Innern für das Trocknen der Schießwolle in einem offenen Wasser-Trockenschrank bei 120° F. (= 48⁸/₉° C.) ist befriedigend, obwohl es besser wäre, eine Stunde lang bei nur 40° zu trocknen statt ¹/₄ Stunde bei 48⁸/₉°. Das Vermischen der Sprengelatine und ähnlicher Explosivstoffe mit Talkpulver ist eine sehr gute Art, die zähe Masse zu zerteilen.

Rauchschwache Pulver sollten in der Regel nicht getrocknet werden, da sie häufig Bestandteile enthalten, welche schon bei 40° ziemlich flüchtig sind, und weil sie in der Regel nicht viel Feuchtigkeit besitzen. Dagegen müssen sie aus zweierlei Gründen gemahlen und gesiebt werden. Erstens hätte die in einem sehr dichten und zähen Explosivstoff entwickelte salpetrige Säure zuerst das Gefüge des Korns zu lockern, bevor sie entweichen könnte, wodurch die Reaktion verzögert würde. Zweitens darf, obgleich das Probierröhrchen nur einen kleinen Durchmesser hat und die Höhe, welche der Explosivstoff in dem Röhrchen ausfüllt, nur gering ist, der Koeffizient der Wärmeübertragung durchaus nicht vernachlässigt werden. Bei staubförmigem Pulver würde die Ausströmung der salpetrigen Säure durch die Pulverschicht hindurch in den leeren Raum des Probierröhrchens einige Zeit erfordern. Bei zu grob gekörntem Pulver kann nur eine geringe Menge salpetriger Säure in einer gegebenen Zeit frei werden. Würde man die rauchschwachen Pulver gar nicht mahlen, so könnte die durch das Walzen oder Pressen gehärtete Außenschicht oder der vom Graphitieren herrührende dichte Überzug die Entwicklung

der salpetrigen Säure verzögern. Es ist deshalb wünschenswert, daß das Pulver in einem ziemlich gleichmäßigen Zustand der Zerteilung sich befindet, damit man für denselben Explosivstoff auch die gleiche Konstante erhält, welche der Verzögerung in der Übertragung der Wärme und dem Hervorrufen der Zersetzung zuzuschreiben ist.

Daß der Koeffizient für die Übertragung der Wärme keineswegs unbeachtet bleiben darf, wurde durch schlagende Versuchsergebnisse unmittelbar nachgewiesen. Um in einem Wasserbad von 70°C. bei 12°C. Zimmerwärme das Innere eines Probierröhrchens, welches gemahlenes Cordit oder Ballistit enthält, auf $69\frac{1}{2}^{\circ}\text{C.}$ zu bringen, sind $8\frac{1}{2}$ Minuten erforderlich, dagegen 11 Minuten, wenn das Pulver nicht gemahlen ist. Die Wärme steigt schon in ungetähr 3 Minuten auf 60°C. , aber zu den letzten 10° ist viel Zeit nötig, und es macht nur wenig Unterschied, ob das Probierröhrchen aus dickem oder dünnem Glase besteht; um sein Inneres auf 70°C. zu erwärmen, braucht das eine Röhrchen nur den Bruchteil einer Minute weniger als das andre.

Man könnte diese Verzögerung in der Erwärmung des Inneren des Probierröhrchens der Thatsache zuschreiben, daß die halbe Länge des Röhrchens dem kühlenden Einfluß der Zimmerwärme ausgesetzt ist. Es wurde deshalb ein von der Firma Müller u. Co., High Holborn, gefertigtes Röhrchen benutzt, dessen obere Hälfte von einem luftleer gepumpten Mantel umgeben war. Doch der Unterschied in der Erwärmungsdauer war nicht der Rede wert. Wird das Probierröhrchen mit Quecksilber gefüllt, so beträgt die Erwärmungsdauer bei 70°C. 2 Minuten, und das Nacheilen des Thermometers wurde = 30 Sekunden gefunden, so daß sich aus der Wärmeübertragung durch das Glas hindurch ein Verlust von $1\frac{1}{2}$ Minuten ergab. Der Grund für die weitere Verzögerung von $6\frac{1}{2}$ Minuten liegt in dem geringen Leitungsvermögen der Luft, und der Mehrbedarf an Zeit ist der im Röhrchen eingeschlossenen Luft zuzuschreiben.

Es wurde nun noch ermittelt, ob die Ausdehnung der Luft durch Erwärmung und der dabei auf die Raumeinheit entwickelte höhere Druck die Erwärmungszeit beeinflußt. Man versah ein leeres Probierröhrchen mit dicht schließendem, ein andres — um die Ausdehnung der Luft zu gestatten — mit lose aufgelegtem Gummistöpsel. Die folgende Zusammenstellung zeigt die Ergebnisse bei einer Wärme des Wasserbads von 70° :

Nach Minuten	Gewöhnliches Röhrchen		Röhrchen mit luftleerem Mantel	
	Dichter Stöpsel	Losser Stöpsel	Dichter Stöpsel	Losser Stöpsel
	0	0	0	0
0	14	14	14	14
1	31 ¹ / ₂	36	32	37
2	44 ³ / ₄	52	45 ³ / ₄	53
3	53 ¹ / ₂	60 ¹ / ₄	54 ³ / ₄	62
4	59 ³ / ₄	65	60 ¹ / ₂	66
5	63 ³ / ₄	67 ¹ / ₄	63 ³ / ₄	67 ³ / ₄
6	66 ¹ / ₄	68 ¹ / ₄	66	68 ¹ / ₂
7	67 ³ / ₄	69	67 ¹ / ₄	69
8	68 ¹ / ₂	69 ¹ / ₄	68	69 ¹ / ₄
9	69	69 ¹ / ₂	68 ³ / ₄	69 ¹ / ₂
10	69 ¹ / ₄	—	69 ¹ / ₄	—
11	69 ¹ / ₂	—	69 ¹ / ₂	—

Sonach kann, wenn der Stöpsel im Probierröhrchen oder der Glasstab im Stöpsel lose ist, die Dauer der Wärmeprobe um 2 Minuten beschleunigt werden.

Der Wärmegrad für die Probe wurde nach sehr sorgfältiger Erwägung auf 70° C. festgestellt. Ein allgemeines Verfahren, wie die Wärmeprobe, sollte in jedem Lande dasselbe sein, damit die Ergebnisse verglichen werden können, und da man in England den Gebrauch der „grains“ und der Fahrenheit-Scala allmählich aufgibt, so erschien es am besten, zum metrischen System zu greifen. Ursprünglich hatte das Ministerium des Innern die Wärme auf 150° F. (65⁵/₉° C.) für Schießwolle, Schultzepulver und E. C.-Pulver festgesetzt; später wurde sie auf 170° (76²/₃° C.) für Schießwolle und auf 180° (82²/₉° C.) für alle andern Explosivstoffe erhöht. Die sorgfältige Vergleichung einer großen Anzahl Explosivstoffe, welche gegenwärtig marktgängig sind, nach der Jodkalium- und der Diphenylaminprobe hat dargethan, daß die Wärme von 82²/₉° zu hoch ist, um genügenden Spielraum für Beobachtung und Irrtümer zu gestatten. Vermutlich hat man zu dieser hohen Wärme gegriffen, weil mit den früher gültigen 76²/₃° C. manche rauchschwache Pulver, welche die Wärmeprobe verschleiern, so außerordentlich gute Ergebnisse zu liefern schienen, daß man stundenlang auf eine Reaktion zu warten hatte, und man meinte die Sache zu beschleunigen, indem man die Wärme erhöhte. Mit der Diphenylaminprobe erfolgt die Reaktion in sehr kurzer Zeit bei niedrigeren Wärmegraden, und manche der besten gebräuchlichen Pulver bestanden die Wärmeprobe bei 82²/₉° C. kaum 10 Minuten lang. Überdies kommt die Wärme von 70° C. unter den gewöhnlichen Umständen

der Aufbewahrung und des Gebrauchs höchst wahrscheinlich niemals vor.

Die Empfindlichkeit der Diphenylaminprobe ist eine sehr bedeutende. Der blaue Streifen auf dem Reagenspapier erscheint innerhalb einiger Sekunden, während man mit dem Jodkaliumpapier oft 2 Minuten zu warten hatte, bis die braune Linie voll entwickelt war, und gerade Leute, die sehr sorgsam prüfen, streiten oft darüber, ob eine braune Linie schon vorhanden ist oder nicht. Bei künstlichem Licht ist der blaue Streifen nicht so gut sichtbar wie bei Tage, aber immerhin deutlich genug, um ihn nicht übersehen zu können. Man betrachtet das Papier am besten im auffallenden, nicht im durchscheinenden Licht. In zweifelhaften Fällen macht ein Stück Filterpapier hinter dem Probierröhrchen das Blau deutlicher. Das beste Licht für solche Beobachtungen ist aus leicht ersichtlichen Gründen Gasglühlicht. Bei Benutzung von elektrischem Licht oder gewöhnlichem Gaslicht ist ein Schirm aus dünnem lichtblauen Papier vor der Lampe von Vorteil.

Es folgt nun eine Reihe von Wärmeproben, die bei 80° mit jedem erhältlichen rauchschwachen Pulver vorgenommen wurden. Diese Zusammenstellung soll weder zur Empfehlung irgend eines bestimmten Pulvers dienen, noch können aus solchen vereinzeltten Ermittlungen allgemeine Folgerungen hinsichtlich der Beständigkeit gezogen werden. Die Versuche zeigen lediglich das Verhalten eines bestimmten im Handel erworbenen Pulvermusters gegenüber der Wärmeprobe; sie wurden hauptsächlich in der Absicht ausgeführt, den relativen Wert der Jod- und der Diphenylaminprobe zu vergleichen.

Wärmeproben mit verschiedenen rauchschwachen Pulvern.

Wärme: 80 ° C. Versuchsmenge des Pulvers: 1,500 g.

J = Jodkaliumpapier; G = Guttmanns Diphenylaminpapier.

Lau- fende Nr.	Bezeichnung des Pulvers	(Alter), Farbe und Körperform	Zusammensetzung	Dauer in Minuten	
				J	G
1	Schießwolle von Waltham Abbey	—	—	9	8 ¹ / ₂
2	Schultze-Pulver	kleine weiße Körner	Holznitrocellulose und Salpeter	16	14
3	E. C.- Pulver	1882, kleine gelbe Körner	Nitrocellulose und Salpeter, ohne Kampfer	10	11
	{ Altes Fabrikat Nr. 1	18 Monate alt, graue große Körner	dgl.	4	5

Lau- fende Nr.	Bezeichnung des Pulvers	(Alter), Farbe und Körperform	Zusammensetzung	Dauer in Minuten	
				J	G
4	E. C.- Pulver	Nr. 2	Nitrocellulose, Salpeter und Kampfer	25	nicht geprüft
		Nr. 2	dgl.	76 keine Spur	18
	Französisches Jagdpulver	J ₁	Nitrocellulose und Ammoniumbichromat	10	9
		J ₂	dgl.	10	8
5	Cannonit	Cannonit	Nitrocellulose, Salpeter und Harz, graphitiert	13	13
6	Amberit	Gewehrcann.	dgl.	22	23
			Nitrocellulose, Barium- nitrat und Paraffin	8	9
7	Pulver von Walsrode	K ₁	Nitrocellulose in Essig- äther gelöst	57	22
		RP	dgl.	50	20
		WGP 92/A	dgl.	50	21
		für Revolver	dgl.	45	17
		KP ₂	dgl.	50	26
		Geschütz- pulver	dgl.	75 keine Spur	26
8	Jagdballistit	quadratische Blättchen, 5 mm Seite, 0,25 mm stark dünne Blättchen, graphitiert	Nitroglycerin und Nitrocellulose ohne Lösungsmittel	13	13
9	v.Försters Pulver	Jagdpulver	gelöste Nitrocellulose	19	8
		Gewehr- pulver Nr. 2	dgl.	20	18
		Gewehr- pulver Nr. 3	dgl.	80 k. Spur	28
10	Maximit von Hudson Maxim	hohle Schnüre	Nitroglycerin und Schießwolle	—	9
11	Plastomenit	braune Körner	Nitrocellulose und Dinitrotoluol	17	17
12	Rifleit	0,450	Nitrocellulose und Nitrobenzol	14	18
		dgl.	dgl.	11	11
		0,303	dgl.	16	17
		0,250	dgl.	10	10
		ZZ.	dgl.	10	11
		für Revolver	dgl.	9	10
		SS	dgl.	10	10
		SR	dgl.	12	10
		SV	dgl.	9	7

Lau- fende Nr.	Bezeichnung des Pulvers	(Alter), Farbe und Körperform	Zusammensetzung	Dauer in Minuten	
				J	G
13	Cooppalpulver	weiße große Körner	Nitrocellulose, Salpeter und Paraffin; Lösungs- mittel Aceton	60 keine Spur	9
14	Maxim-Pulver von Hiram S. Maxim	nach dem Patent hergestellt	Schießwolle und Nitro- glycerin mit 2 % Ricinusöl	{ 60 120	11
15	Gewehr-Cordit	dünne Schnüre	Schießwolle und Nitroglycerin mit 5 % Vaseline	{ 90 37	10
16	Normalpulver	kleine Blättchen	Nitrocellulose	11	11

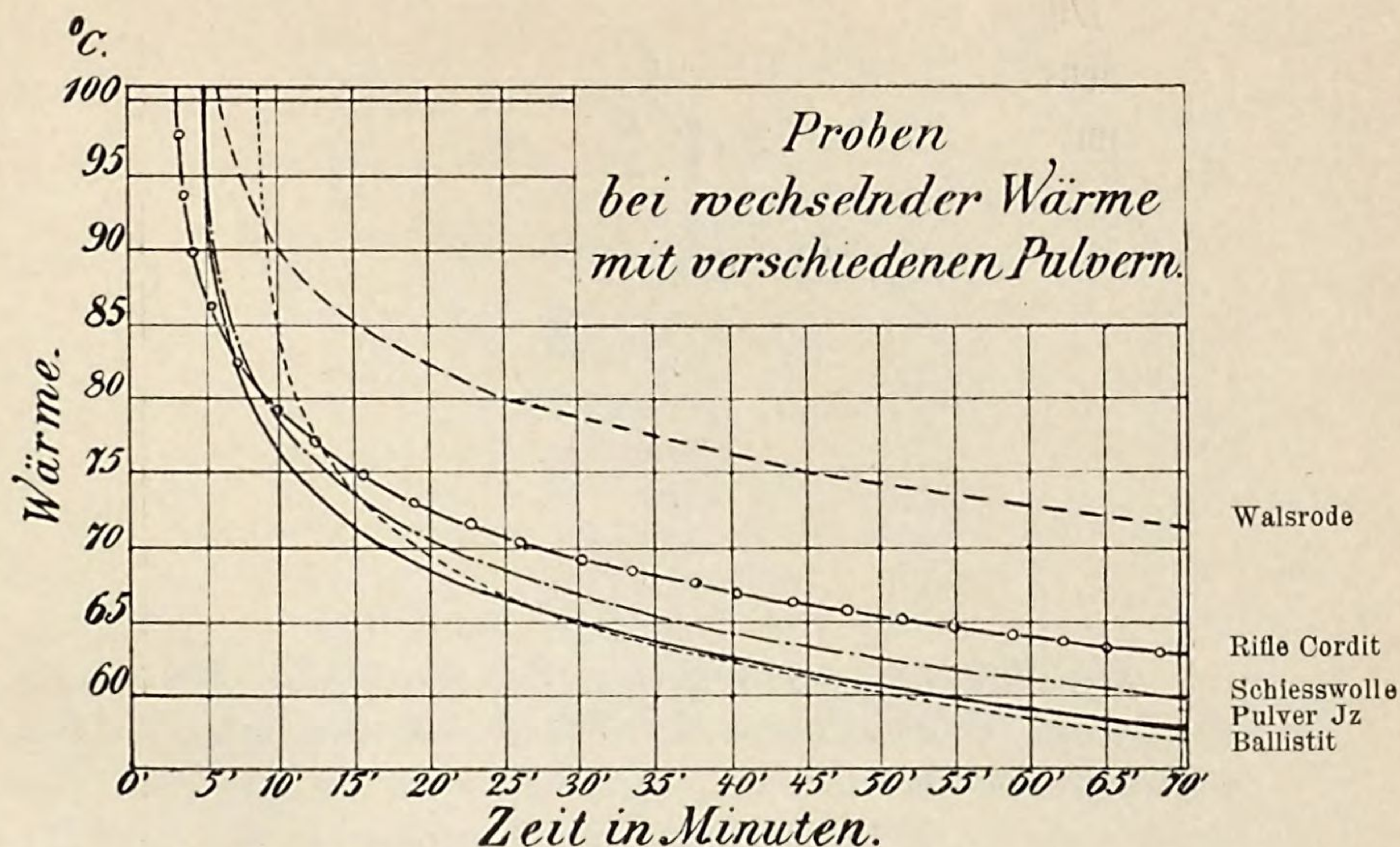
Aus vorstehender Zusammenstellung ist deutlich zu ersehen, daß die Zugabe von Ricinusöl, Essigäther, Aceton, Kampfer, Vaseline u. s. w. die Jodprobe ganz unbrauchbar macht, während mit der Diphenylaminprobe vollkommen verlässliche Ergebnisse zu erzielen sind. Mehrere wiederholt vorgenommene Diphenylaminproben mit demselben Pulvermuster bei sorgfältig geregelter Wärme ergaben stets eine sehr gute Übereinstimmung der Dauer.

IV. Diagramme und Formeln zur Diphenylaminprobe.

Die gleichförmigen Ergebnisse der Diphenylaminprobe veranlaßten Herrn Guttman, zu untersuchen, ob nicht eine Beziehung gefunden werden könnte zwischen der Wärme, der ein Muster während der Probe ausgesetzt ist, und der Zeit, innerhalb welcher sich die Diphenylaminreaktion zeigt. Zu diesen Versuchen verwendete er Schießwolle aus Waltham Abbey, weil darin kein anderer Bestandteil enthalten ist, der die Wärmeprobe beeinflussen könnte, und verglich die Ergebnisse mit denen verschiedener rauchschwacher Pulver. Aus den auf S. 125 verzeichneten Kurven, die nach thatsächlichen, gut übereinstimmenden Ergebnissen hergestellt wurden, ist ersichtlich, daß die Beziehungen der Wärme zur Dauer der Probe für Zeitunterschiede von 1 Minute in Abstufungen von 1° durch nachstehende geometrische Progression ausgedrückt werden können:

$$K + m, K + 2 m, K + 4 m, K + 8 m, K + 16 m \dots$$

K ist eine Konstante, welche der Verzögerung der Wärmeübertragung durch den Explosivstoff und der Verzögerung bei Einleitung der Zersetzung entspricht.



Diese geometrische Progression ist höchst wahrscheinlich für alle Nitro-Explosivstoffe gültig, und zur Konstruktion ähnlicher Kurven können einfache, aus sorgfältigen Rechnungen hervorgegangene Formeln dienen, deren Richtigkeit sich leicht kontrollieren läßt.

Ist a , b die Dauer der Wärmeprobe in Minuten, wie sie durch zwei Versuche gefunden wurde,

$\frac{z}{a}$ das Verhältnis zwischen zwei wirklichen Zeiten in der geometrischen Progression,

$d = b - a$ der Unterschied zwischen den durch Versuch gefundenen Zeiten

$m_1, m_2, m_3, m_4 \dots m_n$ die wirklichen Zeiten für jeden Wärmegrad ohne die Konstante,

K eine Konstante für die Wärmeübertragung und die Einleitung der Zersetzung,

n die Anzahl von Celsiusgraden zwischen einer Bestimmung und der andern

f der Faktor der geometrischen Progression,

so erhalten wir:

$$f = \sqrt[n-1]{\frac{z}{a}} = 1,1487$$

$$m_1 = \frac{d}{f^n - 1}, a - m_1 = k,$$

$$a - k = m_1,$$

$$m_1 f = m_2,$$

$$m_1 f^2 = m_3,$$

$$m_1 f^3 = m_4,$$

$$m_1 f^4 = m_5,$$

u. s. w.

$$m_1 f^{n-1} = m_n.$$

Die Potenzen von f können für die in der Praxis vorkommenden Veränderungen der Wärme aus der folgenden Tafel entnommen werden:

$f^1 = 1,1487$	$f^{21} = 18,38$
$f^2 = 1,32$	$f^{22} = 21,11$
$f^3 = 1,52$	$f^{23} = 24,25$
$f^4 = 1,74$	$f^{24} = 27,86$
$f^5 = 2,00$	$f^{25} = 32,00$
$f^6 = 2,30$	$f^{26} = 36,76$
$f^7 = 2,64$	$f^{27} = 42,22$
$f^8 = 3,03$	$f^{28} = 48,50$
$f^9 = 3,48$	$f^{29} = 55,72$
$f^{10} = 4,00$	$f^{30} = 64,00$
$f^{11} = 4,59$	$f^{31} = 73,52$
$f^{12} = 5,28$	$f^{32} = 84,45$
$f^{13} = 6,06$	$f^{33} = 97,01$
$f^{14} = 6,96$	$f^{34} = 111,43$
$f^{15} = 8,00$	$f^{35} = 128,00$
$f^{16} = 9,19$	$f^{36} = 147,03$
$f^{17} = 10,56$	$f^{37} = 168,89$
$f^{18} = 12,13$	$f^{38} = 194,01$
$f^{19} = 13,93$	$f^{39} = 222,86$
$f^{20} = 16,00$	$f^{40} = 256,00$

Wählt man als Beispiel die Kurve für Schießwolle und nimmt an, es sei durch Versuche gefunden worden, daß die Dauer der Wärmeprobe bei 80° 9 Minuten und bei 70° 21 Minuten betrug, so erhält man

$$m = \frac{21-9}{1,1487^{10}-1} = \frac{12}{4-1} = 4,$$

$$k = 9 - 4 = 5.$$

Wärme	Dauer in Min.	
	wirk- lich	schein- bar
$80^{\circ} \frac{12}{4-1} =$	4,00	9,00
$79^{\circ} 4 \times 1,1487 = 4 \times 1,15 =$	4,60	9,60
$78^{\circ} 4 \times 1,1487^2 = 4 \times 1,32 =$	5,28	10,28
$77^{\circ} 4 \times 1,1487^3 = 4 \times 1,52 =$	6,08	11,08
$76^{\circ} 4 \times 1,1487^4 = 4 \times 1,74 =$	6,96	11,96
$75^{\circ} 4 \times 1,1487^5 = 4 \times 2,00 =$	8,00	13,00
$74^{\circ} 4 \times 1,1487^6 = 4 \times 2,30 =$	9,20	14,20
$73^{\circ} 4 \times 1,1487^7 = 4 \times 2,64 =$	10,56	15,56
$72^{\circ} 4 \times 1,1487^8 = 4 \times 3,03 =$	12,12	17,12
$71^{\circ} 4 \times 1,1487^9 = 4 \times 3,48 =$	13,92	18,92
$70^{\circ} 4 \times 1,1487^{10} = 4 \times 4,00 =$	16,00	21,00

Beim Vergleich der Kurven findet man, daß Schießwolle eine niedrige Konstante und einen hohen Progressionsfaktor hat, während manche rauchschwache Pulver eine hohe Konstante und einen niedrigen Faktor besitzen. Die hohe Konstante bedeutet, daß die Einleitung der Zersetzung lange Zeit braucht, der hohe Faktor, daß der Explosivstoff sich sehr langsam zersetzt. Der beste Explosivstoff wird selbstverständlich der sein, welcher sowohl eine hohe Konstante wie einen hohen Faktor aufzuweisen hat.

Es wird indes kaum genügen, zu sagen, daß ein Explosivstoff die Probe eine gewisse Anzahl Minuten bei einer bestimmten Wärme aushalten müsse, um ihm hinreichende Sicherheit zuzuerkennen. Der Fall ist sehr wohl denkbar, daß die Konstante eines Explosivstoffs nahe an 0 liegt, und daß trotzdem seine Zersetzung bei erhöhten Wärmegraden grosse Zeitzwischenräume benötigt. Andererseits kann man lange zu warten haben, ehe die Zersetzung eingeleitet ist; hat sie aber einmal begonnen, so entwickelt sie sich vielleicht sehr rasch.

Berücksichtigt man, daß, wie vorhin gezeigt, $8\frac{1}{2}$ Minuten nötig sind, um den Inhalt eines Probierröhrchens auf 70° zu erwärmen, so erscheint es überraschend, daß die Konstante mancher Pulver auf der graphischen Tafel 5 Minuten und die der Schießwolle nur 3 Minuten beträgt. Dies erklärt sich daraus, daß ihre Zersetzung schon bei einer niedrigeren Wärme als 80° beginnt. Der nach der Wärmeprobe beurteilte Wert eines Explosivstoffs wird deshalb um so geringer sein, je niedriger seine Konstante ist gegenüber der Zeit, welche die Herstellung des Gleichgewichts zwischen der äußern und innern Wärme des Probierröhrchens beansprucht. Es empfiehlt sich daher, für die Konstante eine Minimalgrenze —

etwa 5 Minuten — zu bestimmen und zur Vermeidung größerer Verschiedenheiten die Konstante aus zwei Bestimmungen zu errechnen, die um 20° voneinander abweichen.

Herr Guttman glaubt nicht, daß seine Diphenylaminprobe allen Einwendungen begegnen könne, welche von Zeit zu Zeit gegen den Wert der Wärmeprobe als solcher erhoben werden. Wer mit derartigen Proben hinlänglich vertraut ist, weiß auch, daß man mitunter sehr verschiedene Ergebnisse unter gleichen Bedingungen erhält, und daß auf dem Reagenspapier häufig überhaupt keine Reaktion erscheint, oder daß diese selbst nach stundenlangem Erwärmen nicht die unerläßliche Schärfe zeigt. Dasselbe wird bei der Diphenylaminprobe der Fall sein, und die Gründe dieser Launen der Wärmeprobe lassen sich schwer entdecken. Zum Teil sind sie vermutlich dem physikalischen Zustand des Explosivstoffs zuzuschreiben; aber oft kann auch dessen Behandlung während der Fertigung für sehr große Unterschiede verantwortlich sein. Die Wärmeprobe wird stets bis zu einem gewissen Grade eine empirische bleiben; doch hat der durch sie bisher erzielte wohlthätige Einfluß ihre Unentbehrlichkeit dargethan.



